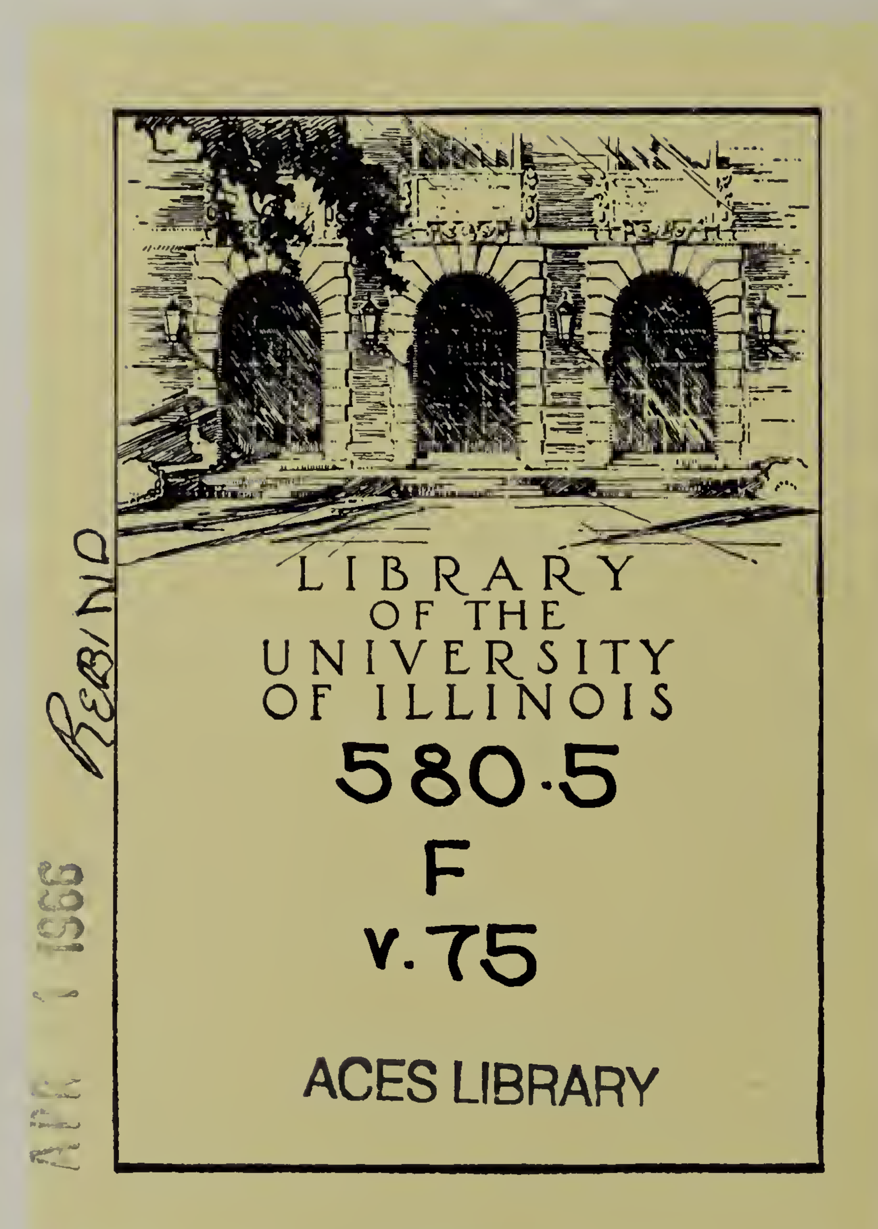


FLORA

ODER

ALLGEMEINE BOTANISCHE ZEITUNG.

FRÜHER HERAUSGEGEBEN

VON DER

KGL. BAYER. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT IN REGENSBURG.

NEUE REIHE 50. JAHRGANG

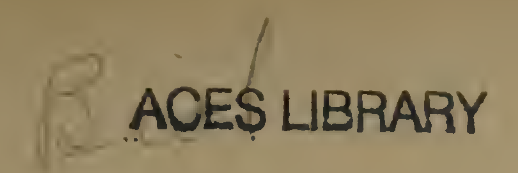
ODER

DER GANZEN REIHE 75. JAHRGANG.

HERAUSGEBER: Prof. Dr. K. GOEBEL.

Mit 8 Tafeln und 26 Textfiguren.

MARBURG.
N. G. ELWERT'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG.
1892.



Inhaltsverzeichniss.

I. Abhandlungen.

II. Abbildungen.

A. Tafeln.

B. Textfiguren.

III. Litteratur.

IV. Eingegangene Litteratur.

Heft I (S. 1—170) erschien am 19. Januar 1892.
„ II (S. 171—306) „ „ 23. März.
„ III (S. 307—454) „ „ 18. Juni.
„ IV (S. 455—490) „ „ 1. September.

Physiologische Notizen

von

Julius Sachs.

Ein neues Heft der „Arbeiten des botanischen Instituts zu Würzburg" wird wahrscheinlich erst nach Ablauf des Jahres 1892 erscheinen können. Ich erlaube mir daher schon jetzt vorläufig einige Forschungsresultate in aller Kürze mitzutheilen, die dort ausführlich dargestellt werden sollen.

I.

Im zweiten Bande der „Arbeiten" habe ich unter dem Titel: „Stoff und Form der Pflanzenorgane" 1880 und 1882 (p. 452 und 689) zwei Abhandlungen veröffentlicht, in denen ich u. a. zu beweisen suchte, dass die zur Blüthenbildung nöthigen Stoffe in den grünen Blättern erzeugt oder vorgebildet werden, um dann an die Orte zu wandern, wo die Blüthen sich bilden sollen. Neben der Betrachtung zahlreicher anderer Thatsachen waren es vorwiegend die Ergebnisse von 1863 und 1865 angestellten Versuchen mit im finsteren Raum eingeleiteten, aber durch beleuchtete grüne Blätter ernährten Sprossen (speciell von Tropaeolum majus), aus denen ich schon damals den genannten Schluss gezogen hatte. — In einer späteren Abhandlung, l. c. Bd. III p. 372 (im Jahre 1887), publicierte ich sodann die Resultate von ebenfalls mit Tropaeolum majus angestellten Versuchen, aus denen ich den Schluss ziehen durfte, dass die zur Blüthenbildung nöthigen Stoffe nicht nur in den grünen Blättern überhaupt entstehen, sondern dass die Erzeugung derselben speciell von den ultravioletten Strahlen abhängt.

Haben schon diese, in ganz verschiedener Art und Weise angestellten Versuche zu dem gleichen Resultat geführt, so bin ich jetzt in der Lage, das Ergebniss einer dritten Versuchsreihe anzuführen, welche abermals und wieder nach anderer Methode zeigt, dass die zur Blüthenbildung nöthigen Stoffe in den grünen Blättern entstehen. So wie die mit der Chininlösung gewonnenen Resultate vom Jahre

1887 sind auch diese nicht durch zufällige Beobachtung, sondern auf Grund theoretischer Erwägung gewonnen worden, d. h. es handelt sich nicht um die Deutung einer zufälligen Wahrnehmung, sondern um eine auf Grund meiner Theorie gestellte Frage, welche der Versuch im bejahenden Sinn entschieden hat, wodurch die Beweiskraft des Versuchs wesentlich erhöht wird.

Seit vielen Jahren habe ich in meiner Sammlung ein kleines Blattstück einer Begonia, welches in bekannter Art eine Brutknospe erzeugt hat, die aber sofort eine abnorm gebildete Blüthe hervorbrachte. Bei erneuter Betrachtung dieses unscheinbaren Objects drängte sich mir die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, derartige Brutknospen mit sofortiger Blüthenbildung entstehen zu lassen, wenn man von meiner Theorie der specifischen organbildenden Stoffe ausgeht.

Ich liess daher Ende Mai 1891 eine grössere Zahl von Begoniablättern (Beg. Rex) abschneiden und in bekannter Art auf Sand (im Vermehrungsraum) legen. Es entstanden nach wenigen Wochen zahlreiche Knospen, je eine an der Stelle, wo die Hauptrippen vom Blattstiel ausstrahlen, und andere, schwächere, da, wo die Rippen absichtlich gebrochen waren. — Von Blüthenknospen war an ihnen nichts zu finden. Erst als die stark herangewachsenen Brutknospen, in Töpfe gesetzt, zu kräftigen Pflanzen mit 8—10 mächtigen Blättern herangewachsen waren, d. h. Anfang November, also nach fünf Monaten, zeigten sich die ersten Inflorescenzen in den Achseln späterer Blätter, denen an der Sprossaxe 4—5 ältere Blätter vorausgegangen waren. — Diese im Mai ausgelegten Blätter haben also eine Brut erzeugt, die erst nach eigener fünfmonatlicher Assimilationsarbeit zur Blüthenbildung kam.

Ganz anders war es bei 15 grossen Blättern, welche erst Ende Juli von kräftigen blühreifen Pflanzen abgeschnitten und auf Sand gelegt wurden, an derselben Stelle des Versuchsraumes, wie jene. Schon nach 10—15 Tagen zeigten sich an den oben genannten Stellen Brutknospen und bereits im September waren drei kräftige Inflorescenzen deutlich zu sehen, die Ende October aufblühten. Bis zum 12. November konnte ich an sechs Blättern die Inflorescenzen in verschiedenen Altersstufen erkennen. Dieselben zeigten sich bereits, als die Laubblätter der Brutknospen noch klein und jung waren und, was das Wichtigste ist, sie kamen jede aus der ältesten, ersten Blattachsel der Brutknospe. Diese Inflorescenzen mussten also in allerfrühester Jugend der Brutknospen angelegt worden sein; dies war gerade, was ich wünschte und erwartete. — Diese im Juli ausgelegten

Begonienblätter waren selbst am 22. November noch ganz frisch und gesund; ihre Stiele und die Brutknospen waren mit dichten Büschen sehr feiner Wurzeln versehen.

Vom Standpunkt meiner Theorie aus lehrt der Versuch: die im Frühjahr abgeschnittenen Begoniablätter enthalten noch keine blüthenbildenden Stoffe, diese werden erst in den Blättern der Brutknospen sehr langsam erzeugt; die Blüthen erschienen an diesen erst nach fünf Monaten, als die Brutknospen schon zu grossen selbständigen Pflanzen herangewachsen und die ausgelegten Mutterblätter längst verfault waren. — Dagegen enthielten die im Juli von blühreifen Pflanzen abgeschnittenen Blätter schon blüthenbildende Stoffe, die sofort bei der Anlage der Brutknospen in diese übergingen und Inflorescenzen erzeugten. Dies geschah an sechs von 15 Blättern, also an 40 Procent, was ich für ein sehr günstiges Ergebniss halte.

Ich werde diese Versuche, die ja auch für die gärtnerische Praxis Nutzen versprechen, fortsetzen.

Zum Schluss will ich nicht versäumen, Herrn Kunstgärtner Niehus, der die betreffenden Culturen nach meiner Anweisung sehr sauber durchführte, bestens zu danken.

Würzburg, 22. November 1891.

Fortsetzung folgt.

Ueber die Anpassung der Süsswasseralgen an Kochsalzlösungen

von

Adolph Richter.

Die Pflanzen, welche gewöhnlich am Meeresufer wachsen, sind schon früher in Bezug auf ihre Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Standortes und auch nach denjenigen Veränderungen, welche sie erleiden, wenn sie den Standort wechseln, studirt worden.

Pierre Lesage brachte zum ersten Mal in seinen „Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes“ Mittheilungen über eine Untersuchung, welche zugleich auch die Anatomie der Blätter mit inbegriff. Er fand, dass die Pflanzen, welche im Binnenlande gewachsen waren und am Meeresufer weiter cultivirt wurden, hier dickere Blätter bekommen, während umgekehrt der Wechsel vom Standort am Meere zu einem solchen im Binnenlande dünnere Blätter erzeugt. Die Nähe des Meeres hat demnach die Wirkung, gewisse Veränderungen in der Consistenz bestimmter Organe hervorzubringen, nur würde die Frage entstehen, ob das Meer für sich allein diese Veränderungen bewirkt, oder ob andere, mit dessen Gegenwart zusammenhängende Einflüsse sie begünstigen, und welcher Art die durch das Meer gebotenen Beeinflussungen sind.

Mag nun hier die physikalische Beschaffenheit und die chemische Zusammensetzung des Bodens, der Feuchtigkeitsgehalt desselben, ferner die Luftfeuchtigkeit, die Häufigkeit und Stärke der Winde etc. in Frage kommen, und mögen alle diese Factoren von starkem Einfluss auf die Beschaffenheit der Strandpflanzen sein, so wird immer eine Besonderheit des Standortes derselben, der hohe Gehalt an Chlornatrium, bei der Beurtheilung aller einschlägigen Fragen in den Vordergrund gestellt werden müssen. In Berücksichtigung dieses Umstandes wurden deshalb von Lesage Phanerogamen aus den verschiedensten Familien auf ihre Existenzfähigkeit in Chlornatriumlösungen geprüft; auch die vorliegende Arbeit hat den Zweck, der Wirkungsweise des Chlornatriums auf Süsswasseralgen näher zu treten und die Art der Anpassung solcher Algen an Kochsalz zu erörtern.

Lesage verglich 85 Pflanzenarten, welche am Meeresstrande gesammelt waren, mit Exemplaren der gleichen Species aus dem Binnenlande und kam, indem er zugleich den anatomischen Befund bei Vergleichung der Querschnitte der Blätter in Rechnung zog, zu folgenden Resultaten:

Bei 27 von den 85 untersuchten Arten fanden sich keine bemerkbaren Unterschiede, dagegen wurden bei 54 Arten der Strandexemplare dickere Blätter constatirt und vier Arten hatten im Binnenlande dickere Blätter erzeugt als am Strande. Nachdem es also ersichtlich war, dass eine Neigung zum Dickerwerden der Blätter bei den am Strande gewachsenen Individuen existirt, stellte Lesage vergleichende Culturen mit Pisum sativum, Linum grandiflorum und Lepidium sativum an und fand, dass Lepidium eine $2^1/_2$ procentige Chlornatriumlösung, die zum Begiessen verwendet wurde, ertrug, während Pisum und Linum nicht mehr wie $^1/_2$ $^0/_0$ aushielten.[1])

Die anatomische Untersuchung der Blätter der drei Culturpflanzen ergab einen Befund, welcher zur Bestätigung der im Freien gemachten Erfahrungen diente. Die Anwesenheit von Kochsalz bewirkt also im Allgemeinen Verdickung der Blätter bei denjenigen Pflanzen, welche Chlornatrium überhaupt ertragen können. Das Fleischigwerden der Blätter beruht auf einer ungewöhnlichen Verlängerung der Palissadenzellen, eventuell auf Kosten des übrigen Mesophylls. Die Interzellularräume verkleinern sich dabei in den Küstenpflanzen. Eine weitere Veränderung betrifft das Chlorophyll.

Nicht immer freilich können Verschiedenheiten in Bezug auf die Menge und Ausbildung der Chlorophyllkörper constatirt werden, aber bei einer grösseren Anzahl der von Lesage untersuchten Pflanzenarten traten doch unter Salzwirkung Aenderungen im Chlorophyll auf; Cakile maritima zeigte z. B. viel kleinere Körner in den am Meere gewachsenen Individuen. Andere Pflanzen hatten unregelmässige (inégaux), wieder andere kleinere und dabei relativ nicht zahlreichere Körner.

Wenn es also überhaupt möglich ist, erkennt man in den am Meere gewachsenen Pflanzenindividuen eine Neigung, weniger Chlorophyll zu erzeugen. Hierzu mag noch erwähnt werden, dass „Costatin, La flore du littoral“ (Journal de botanique 1re année no. 3 p. 45) „un changement dans la nuance verte de la plante“ erwähnt, worüber

1) Ausser in Form von Lösungen wendete Lesage das Salz auch dem Erdboden beigemischt an; da aber die Wirkung desselben im letzten Falle schwächer ist, so können die erhaltenen Resultate für unseren Zweck übergangen werden.

Lesage schreibt: „Le changement dans la nuance verte est, d'après mes résultats, une tendence à la diminution de la chlorophylle dans les cellules du mésophylle des éschantillons les plus soumis à l'influence du sel marin."

Welche Combination von Bedingungen, unter denen obige drei Erscheinungen bei Pflanzen, die am Meer gewachsen oder in Salz cultivirt sind, die günstigste ist, dies wechselt von Art zu Art, so dass man nur durch umfassende Beobachtung oder geeignete Culturen darüber zur Klarheit gelangt. Ueber die Art und Weise indessen, wie das Chlornatrium bei den Phanerogamen wirkt, geben die Untersuchungen keinen näheren Aufschluss.

Von Interesse ist ferner eine Arbeit von C. J. de Freitag „Ueber die Einwirkung von concentrirten Kochsalzlösungen auf das Leben der Bacterien",[1]) in welcher experimentell nachgewiesen wird, dass Milzbrandbacillen in concentrirter Kochsalzlösung nach zwei Stunden abstarben, während die Grenze für ihr Wachsthum wie für die Keimung der Sporen bei einem Concentrationsgrad von über 7 % und unter 10 % lag. — Die Sporen selbst hingegen lebten noch nach sechs Monaten in gesättigter Chlornatriumlösung. Für die anderen in der Arbeit erwähnten Species mag der Kürze halber folgende Zusammenstellung dienen:

Cholerabacillen	lebten	in	7 %	Lösung	bis	6	Stunden,
Schweinerothlaufbacillen	„	„	„	„	„	2	Monate,
Typhusbacillen	„	„	„	„	„	6	„
Erysipelstreptococcen	„	„	„	„	über	2	„
Eiterstaphylococcen	„	„	„	„	„	5	„
Tuberkelbacillen	„	„	„	„	„	3	„

Aus der letzten Zahl geht hervor, dass die Lebensfähigkeit — und wohl auch das Infectionsvermögen — tuberculös veränderter Organe von perlsüchtigen Schlachtthieren durch hochprocentige Kochsalzlösungen nicht beeinträchtigt wird, selbst dann nicht, wenn das Salz während drei Monaten eingewirkt hat. — Diphtheriebacillen schliesslich bleiben mindestens drei Wochen lang in gesättigter Chlornatriumlösung unverändert.

Wie ersichtlich, bewegt sich hier die Fähigkeit Salz zu ertragen in weiteren Grenzen, und es finden sich im Vergleich zu dem bei Phanerogamen von Lesage gemachten Erfahrungen unter den Spaltpilzen mehrere Species, welche concentrirtere Lösungen von Koch-

1) Archiv für Hygiene 11, 60—85. Juli (März), Amsterdam.

salz zu ertragen vermögen, ja sogar solche, die in gesättigter Auflösung des Salzes einige Zeit fortleben können.

Hieraus scheint hervorzugehen, dass die auf niedrigen Stufen der Organisation stehenden Kryptogamen im Allgemeinen geeigneter sind in chlornatriumhaltigen Medien fortzubestehen als die Phanerogamen.

Auch mit Thieren sind bereits Versuche angestellt worden, welche u. a. ergaben, dass kleine Wasserkrebse lange Zeit in concentrirter und sogar in gesättigter Chlornatriumlösung leben konnten, und dass bei ihnen Anpassungserscheinungen der eigenthümlichsten Art auftreten. Die Krebse veränderten nämlich im Salzwasser die Gestalt ihrer Beine und der Anhängsel derselben.

Wenn demnach Wasser bewohnende Organismen verschiedenster Art sich an Salzlösungen zu gewöhnen vermögen und dabei theilweise morphologische Veränderungen erleiden, so hat es gewiss Interesse, auch den Erscheinungen der Anpassung an Kochsalz bei den Algen nachzugehen, um so mehr, als dabei die Frage im Hintergrunde steht, ob sich Anhaltspunkte dafür gewinnen lassen, dass die Meeresbewohner in Süsswasseralgen und umgekehrt übergeführt werden können.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung des Herrn Prof. Dr. A. Peter im botanischen Museum zu Göttingen während drei Semestern ausgeführt, und sei es mir an dieser Stelle gestattet, diesem meinem hochverehrten Lehrer für die unausgesetzt gütige Unterstützung, welche er mir bei der Ausführung meiner Arbeit zu Theil werden liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Die mir zur Verfügung stehende Zeit gestattete es leider nicht, zahlreichen, hier kaum berührten Fragen, welche während der Bearbeitung auftraten, weiter nachzugehen, so dass die Erörterung derselben späterer Zeit anheim gegeben werden musste.

Es gibt nicht viel Algenspecies, die gleichzeitig in den süssen Gewässern des Binnenlandes und in dem Meere auftreten.

Diese Thatsache ist um so auffälliger, als doch viele Algen durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden und das Brackwasser einen Uebergang von salzfreien Gewässern zum Meere bildet, der die Anpassung an die verschiedenen Medien vermitteln könnte.

Es ist nun auch schon versucht worden, Süsswasseralgen in Chlornatriumlösung zu cultiviren, wenngleich zu anderem Zwecke als demjenigen der Anpassung, und ohne Erfolg; so berichtet G. Klebs in seinem Aufsatz „Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzellen“, in

welchem von Wachsthumsvorgängen nach Plasmolyse, welche durch Glykose hervorgerufen wurde, die Rede ist, „in plasmolytisch wirkenden Lösungen von Salpeter, Chlornatrium gehen die Zellen[1]) in wenigen Tagen zu Grunde“.

Wenngleich nun im Folgenden gezeigt wird, dass mehrere Algen des Süsswassers wohl geeignet sind, sogar im Winter, also während der den Culturen minder günstigen Jahreszeit, die im Meere gewöhnlich vorkommende Salzmenge und noch grössere Quantitäten zu ertragen, so muss man wohl annehmen, dass die Bedingungen, wie sie durch die Natur beim Uebergang von süssem Wasser in Seewasser den Algen geboten werden, diesen nicht zusagen, so dass sie alsbald zu Grunde gehen.

Die Zusammensetzung der Salze des Meerwassers ist für das Mittelländische Meer in 1000 Theilen folgende:

Chlornatrium . . .	29,424
Chlorkalium	0,505
Chlormagnesium . .	3,219
Magnesiumsulfat . .	2,477
Chlorcalcium . . .	6,080
Calciumsulfat . . .	1,357
Calciumcarbonat . .	0,114
Bromnatrium . . .	0,556
Eisenoxyd	0,003
	43,735

Wie ersichtlich, herrscht das Chlornatrium in erheblichem Maasse vor, so dass man es bei den Culturen als Hauptfactor in den Vordergrund stellen muss. Die Versuche wurden demgemäss fast ausschliesslich mit Rücksicht auf Chlornatrium angestellt; späteren Culturen muss es vorbehalten bleiben, auch die übrigen in grösseren oder geringeren Mengen im Meerwasser vertretenen Salze bezüglich ihrer Einwirkungsweise auf Süsswasseralgen zu prüfen.

Bevor nun von dem Verhalten der untersuchten Algen in Salzlösung berichtet wird, soll die Art und Weise, wie die Culturen angesetzt und beobachtet wurden, mitgetheilt werden.

---

1) Die Arbeit erwähnt folgende Species: Zygnema, Spirogyra, Mesocarpus, Oedogonium-Arten, Chaetophora, Stigeoclonium, Conferva, Cladophora.

Bei Göttingen sind, wegen Mangels an grösseren Gewässern, Algen nicht überall zu finden und man muss, um stets frisches Material zur Hand zu haben, die wenigen vorhandenen Fundorte ausnutzen. Auf dem „Kleinen Hagen" liegen einige winzige Teiche, an deren Oberfläche eine Anzahl Algen, vor allem Tetraspora, einen dicken, gallertartigen Ueberzug bilden. Da die Vertheilung der Species in dieser Gallertmasse eine ungleichmässige ist, so war es nöthig, um für die zunächst anzusetzenden Culturen ein gleichartiges Material zu bekommen, welches alle vorhandenen Species in annähernd gleicher Quantität enthielte, eine Mischung vorzunehmen. Dieses Vermischen fand so statt, dass von verschiedenen Stellen des Vorraths möglichst kleine Partien entnommen und auf einem Teller durch einander gerührt wurden. Geschah dieses mehrere Mal nach einander, so war man einigermassen sicher, dass ein ziemlich gleichmässiges Gemisch hergestellt war.

Da aber das Verfolgen einer Species zwischen vielen anderen zum Theil ihr verwandten Arten immer mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so wurden nach Thunlichkeit Reinculturen der zu untersuchenden Alge verwendet.

Wirkliche Reinculturen wurden, da sie nur schwierig in grösseren Quantitäten herzustellen sind, allerdings nur wenige erzielt, aber die Untersuchung war auch dann schon sehr erleichtert, wenn die Culturen nur wenige (2—3) Arten enthielten, zumal wenn diese, worauf besonders Gewicht gelegt wurde, gänzlich verschieden waren. Wenn also z. B. in der Cladophoracultur einige Diatomaceen sich aufhielten, so konnte darin kein Anstoss erblickt werden, der das Resultat des Versuches beeinträchtigen konnte.

Die Culturgläser waren 3—4 cm hoch und ca. 7 cm breit; sie wurden durch eine Glasplatte verschlossen. Die Flüssigkeitsmenge betrug meistens 50 ccm für etwa 2 g Algenmasse; wurden grössere Quantitäten der Alge auf einmal in Cultur genommen, so musste die Culturflüssigkeit entsprechend reichlich bemessen sein. Jeder Cultur wurden Nährsalze zugesetzt und zwar je 5 ccm von folgender Lösung auf 1 Liter Brunnenwasser:

Calciumnitrat	2,0
Kaliumdiphosphat . . .	0,2
Magnesiumsulfat . . .	0,2
Eisenchlorid	Spur
Wasser	200,0

Die angesetzten Culturen standen vor einem nach Süden gerichteten Fenster; durch einen Gazevorhang war dafür gesorgt, dass das directe Sonnenlicht im Sommer etwas abgeschwächt wurde.

Obige Bedingungen blieben stets die gleichen, um irgend welchen durch Veränderung derselben hervorgerufenen Beeinflussungen vorzubeugen.

Beim Beginn einer Cultur wurde zunächst eine möglichst genaue Zeichnung von allen in derselben vorkommenden Algenspecies mit Hilfe eines Zeichenprismas entworfen, ausserdem wurden Dauerpräparate angefertigt, welche der späteren Controlle dienen sollten. Alle im Verlauf der Beobachtung zu Tage tretenden Veränderungen wurden sofort beschrieben und wieder gezeichnet.

Die Ueberführung der Culturen aus schwachen in stärkere Salzlösungen geschah meist allmählich, immer wurde ein Theil der schwächeren Cultur zurückbehalten, um am Schluss die Uebergangsstadien und Resultate mit der ursprünglichen Form vergleichen zu können.

Es sei gleich hier auf einen Umstand hingewiesen, welcher bei allen beobachteten Algenarten gleichmässig auftrat und der deshalb um so mehr Beachtung verdient. Die Wirkung des Salzes war auf gleiche und in gleicher Weise behandelte Zellen der nämlichen Cultur nicht immer dieselbe, vielmehr fanden sich die verschiedensten Uebergangsstadien von der ursprünglichen bis zu der betreffenden endgiltig erlangten Anpassungsform. Dieser Umstand war in gewisser Beziehung sehr vortheilhaft für die Beobachtung, denn er erleichterte es wesentlich, die Uebergangsformen in einem Gesichtsfeld unter dem Mikroskop zu verfolgen.

Der Einfachheit halber werden im Nachstehenden die einzelnen Culturen nach der Zahl der Kochsalzprocente, welche in der Flüssigkeit enthalten waren, bezeichnet, so dass z. B. „Tetraspora 10“ diejenige Tetrasporacultur ist, welche sich in 10procentiger Salzlösung befindet.

Wie schon erwähnt wurde, erleiden manche Algen bei der Anpassung an Kochsalz grössere oder kleinere Veränderungen, und würde nun die Frage entstehen, zu welchem Zeitpunkt ein Stillstand dieser Veränderungen erreicht ist. Im Folgenden wird eine Alge immer dann als angepasst aufgefasst, wenn sie bei zwei aufeinander folgenden Untersuchungen, zwischen denen eine geraume (unten meist angegebene) Zeit lag, sich nicht mehr verändert hatte. — War es nöthig ein einzelnes Exemplar längere Zeit hindurch für sich, bezüglich der

Anpassungsvorgänge, zu verfolgen, so wurde zu Einzelculturen die Zuflucht genommen, von denen unten in einem besonderen Abschnitt die Rede sein soll.

Die mikroskopischen Beobachtungen wiederholten sich in Zeiträumen von 8 bis 14 Tagen; wichtigere Veränderungen aber wurden täglich oder stündlich verfolgt, scheinbar stillstehende Culturen hingegen seltener durchsucht. Die angegebenen Grössen sind in Mikromillimeter ausgedrückt. Da die Längen- und Breitenmaasse der Zellen bei derselben Art meist einen mehr oder weniger grossen Spielraum haben, so wurden stets 8 bis 10 bis 15 Messungen vorgenommen und aus diesen der Durchschnitt berechnet.

Was schliesslich die öfter angegebenen Farbentöne betrifft, so ist zu bemerken, dass dieselben mit Hilfe der „internationalen Farbenscala von Radde, in 42 Gammen mit 882 constanten Tönen“ bestimmt wurden. Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf diese Tabelle. Im Folgenden sollen nun die einzelnen Culturreihen näher beschrieben werden.

Oscillaria Frölichii Kg. f. genuina.

Im Juni 1890 fanden sich blaugrüne Polster von Algen in einem Graben („unter dem Uemmelberge“) bei Nörten, dessen kaum oder doch nur sehr langsam fliessendes Wasser kurze Zeit darauf untersucht wurde und laut Analyse nahezu ein halbes Procent (0,432 %) Chlornatrium neben Calcium- und Magnesiumsalzen enthielt. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Algenmassen stellte sich heraus, dass sie der Hauptsache nach — neben vielen anderen Species — aus der oben erwähnten Oscillaria bestanden.

Das ganze mitgebrachte Algengemisch wurde darauf, mit Ausnahme eines zur Controlle zurückgehaltenen Restes, Culturversuchen mit Chlornatrium unterworfen, doch soll der besseren Uebersicht halber vorläufig nur von dem Verhalten der Oscillaria die Rede sein, während die übrigen Algen später besprochen werden sollen. Die Oscillaria fand sich in einem schwarzblauen, langstrahligen Lager; die einzelnen Fäden waren von einer dünnen, nach Färbung mit Jod-Jodkali besser hervortretenden Membran umgeben. Die Fadenenden waren meist gerade und nicht verdünnt, und die Endzelle breit abgerundet. Der Durchmesser der Oscillaria betrug 15—16 μ; die Zellen waren an den Scheidewänden, die nur undeutlich sichtbar waren, nicht eingeschnürt und einviertel- bis einhalbmal so lang als dick. Viele Zellen

maassen 5—6 μ in der Länge, andere waren etwas länger, wieder andere etwas kürzer. Ihr Inhalt war von gleichmässig blaugrüner Farbe mit kleinen dunkeln, meist unregelmässig vertheilten Punkten durchsetzt. Abgestorbene Fäden waren nicht in dem Lager vorhanden, wohl aber fanden sich solche, die in kleine, immer an den Enden abgerundete Stücke von unregelmässiger Länge (Hormogonien) zerbrochen waren. [1])

Die Anordnung der Versuche war folgende:

Anfänglich (Juni 1890) waren Culturen mit 0,5, 1, 2, 3, 5 und 10 % Chlornatrium und der entsprechenden Menge Nährlösung angesetzt worden. Von der 3procentigen leitete sich später durch Umzüchtung eine Cultur mit 4 % Salz, von der 5procentigen ferner eine 6procentige und von dieser wiederum eine 8procentige ab. Die Cultur 10 war der Ausgangspunkt für eine 11procentige, diese schliesslich bildete den Uebergang zur 13procentigen. So entstanden folgende Culturreihen:

½,	1,	2,	3,	5,	10,
			4,	6,	11,
				8,	13,
				10.	

In diesem Culturverfahren liegen immerhin einige Fehlerquellen, die aber bald erkannt und für die Folge in Rechnung gezogen wurden. Einmal hatten diejenigen Culturen, welche im langsameren Tempo zu höheren Salzprocenten übergeführt wurden, eine grössere Zeit für die Anpassung zur Verfügung als diejenigen, bei welchen die Umzüchtung rascher erfolgte; ferner waren auch die Anforderungen, welche an die sprungweise in höhere Salzlösungen übergeführten Algen gestellt wurden, andere, als die bei allmählicherem Aufsteigen hervortretenden.

Die 1procentige Chlornatriumlösung, in welche die Oscillaria gebracht war, schien keinen Einfluss auf die Pflanze ausüben zu können; es wurden wenigstens weder nach kurzer Zeit, noch nach Verlauf mehrerer Monate irgend welche erhebliche Veränderungen an dieser bemerkt. In manchen Fäden war zwar die Membran etwas gequollen oder der Inhalt hatte auch wohl eine etwas hellere Farbe angenommen (F. 14,1), die Dicke der Fäden aber war im Allgemeinen dieselbe geblieben und nur wenige Fäden fanden sich, die einen etwas grösseren Durchmesser angenommen hatten.

---

1) Vgl. Kryptogamenflora von Schlesien von Dr. O. Kirchner.

Diese Resultate konnten insofern wenig überraschen, als ja die Untersuchung des Wassers, in welchem die Alge in der freien Natur angetroffen war, bereits einen 1/2 procentigen Chlornatriumgehalt ergeben hatte und die Steigerung um 1/2 % an Salz für die Oscillaria, die sich vielleicht schon im Laufe mehrerer hundert Jahre an Chlornatrium angepasst hatte, zumal für die kurze Zeit, eine zu geringe war.

Die Wirkung, welche das Salz in 2 procentiger Lösung auf die Oscillaria ausübte, war schon eine bedeutendere. Die Dicke der Fäden betrug hier bis 18 μ; die gallertartige Membranschicht, welche die Fäden einhüllt, zeigte sich mehr oder weniger gequollen und man glaubte zuweilen Schichtung darin zu erkennen. Die Färbung war in den meisten Fäden noch unverändert, bei anderen zeigte sie jedoch einen deutlichen Uebergang ins Gelbliche (F. 13); wieder andere machten durch noch auffälligere Erblassung den Eindruck des Krankseins. Aus einzelnen Scheiden war der gesammte Inhalt verschwunden; die leere Gallertmembran behielt dann noch einige Zeit ihre Form bei (zuweilen barg sie im Innern einige kugelförmige Schmarotzer), bis sie durch Wasseraufnahme sich gänzlich verflüssigte.

Es zeigte sich hiernach, dass ein Theil der Oscillaria sich in 2 procentiger Salzlösung zu erhalten vermochte, wenn auch unter gewissen Veränderungen des ursprünglichen Zustandes; denn die Fäden waren dicker und ihr blaugrüner Inhalt war körniger und dadurch dunkler geworden, so dass man die Zellquerwände jetzt noch undeutlicher als bei der uncultivirten Alge wahrnahm. Ein Theil der Oscillariafäden aber erwies sich als unfähig, die Anpassung an 2 % Kochsalz einzugehen. Das Absterben dieser Fäden war, wie aus zahlreichen Uebergangsformen ersichtlich, in der Weise vor sich gegangen: zuerst hatten die Fäden eine immer hellere Farbe, die ins Gelbliche spielte, angenommen, darauf war der Inhalt mehr und mehr zusammengeschrumpft, so dass er als schmaler, unregelmässiger Streifen im Innern der noch normal geformten Membran lag; schliesslich verschwanden auch die letzten Reste des Inhaltes, und nun verquoll die Membran völlig.

Wesshalb die doch auf gleiche Weise behandelten Fäden der Oscillaria sich nicht gleich verhielten und sich nur theilweise an Salz gewöhnten, blieb eine durch die Versuche nicht ausreichend beantwortete Frage. Da eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Fäden nicht beobachtet worden war, so ist es möglich, dass einigen derselben eine noch unbekannte Eigenthümlichkeit innewohnt, vermöge derer sie im Stande sind, sich an Salz anzupassen; andererseits wäre

es denkbar, dass das Chlornatrium auf bestimmte Individuen einen stärkeren Reiz ausübte, als auf andere, so dass dadurch das ungleiche Verhalten der Fäden herbeigeführt wurde.

Wie auch in anderen Culturen beobachtet wurde, so scheint die verderbliche Wirkung des Salzes darin zu bestehen, dass der Tod der Zellen durch Entziehung irgend eines Stoffes aus dem Inhalt und durch gleichzeitige Quellung der Membran herbeigeführt wird.

Hier muss noch des häufigen Vorkommens von Schmarotzern (Chytridium [?] 5—6 μ im Durchmesser) in vielen leeren Gallerthüllen gedacht werden; denn es wäre ja möglich, dass diese Eindringlinge das Absterben der Fäden verursachten, in denen sie sich aufhalten. Allerdings ist es wahrscheinlicher, dass die Schmarotzer sich nur der kranken, durch Salzlösung schon geschwächten Oscillarien bemächtigen und die lebensfähigen Fäden unbehelligt lassen; denn es wurde beobachtet, dass die Pilze in einen gelblich gewordenen Faden vom Ende her eingedrungen waren, dort ganze Colonien gebildet hatten und sich hin und her bewegten, während anderseits weder das Eindringen von Schmarotzern in intakte Fäden, noch deren Vorkommen in solchen constatirt werden konnte.

Zwischen der Oscillaria 2 und derjenigen, die in 3 procentiger Chlornatriumlösung cultivirt war, zeigten sich zu derselben Zeit nur geringe Unterschiede. Die Dicke der Zellen wies keine grösseren Veränderungen auf, auch die Membran war nicht mächtiger, doch liess sie ihre geschichtete Struktur besser erkennen und stellenweise war sie etwas verquollen, so dass die Fäden dadurch unregelmässige Conturen erhielten. Auch betreffs der Farbe der Zellen war keine Differenz wahrzunehmen. Es fiel jedoch auf, dass es hier verhältnissmässig mehr leere Gallertscheiden, von abgestorbenen Oscillarien herrührend, gab, als in der Cultur 2. Letztere Erscheinung ist aber ohne Weiteres begreiflich. Denn da die in Cultur genommenen Oscillariafäden hier direct in 3 procentige Chlornatriumlösung gebracht waren, so wurde eine höhere Anforderung betreffs der Anpassung an sie gestellt als an diejenige Oscillaria, welche sich in nur 2 procentiger Lösung gefunden hatte.

Durch diese und andere Culturen zeigte es sich, dass die Anpassung von Algen, falls sie überhaupt gelingt, zu den besten Resultaten führt, wenn man die Concentration der Salzlösungen nur ganz allmählich bis zu der Maximalhöhe steigert, und dass, je länger die Alge in der betreffenden Lösung wächst, sie sich um so leichter und höher anpasst.

Neben dieser leicht erklärlichen Erscheinung des vermehrten Absterbens in der Cultur 3 war es noch eine andere, welche zwar in dieser Cultur nur in den Anfangsstadien, in den nächst stärkeren hingegen in vorgeschritteneren Formen auftrat.

Etwa 2 — 3 Wochen, nachdem die Cultur 4 angesetzt war, fanden sich darin neben den nicht seltenen leeren Scheiden der Oscillaria, die sich übrigens (wohl infolge der geringen Steigerung) nicht vermehrt zu haben schienen, missfarbige, etwas ins Gelbliche ziehende Fäden, die meist noch die der Alge vor der Cultur eigene Dicke besassen und nur in seltenen Fällen an Umfang etwas zugenommen hatten; offenbar waren diese Fäden krank. Ausser diesen fanden sich die schon oben in Cultur 2 erwähnten tiefer blau gefärbten Fäden mit deutlich körnigem Inhalt und dadurch schwieriger erkennbaren Querwänden. In diesen letztgenannten Fäden ging nun die durch das Salz bewirkte Veränderung noch einen Schritt weiter, wobei der Vorgang folgender war.

Anfangs veränderten sich zumeist das Ende oder auch wohl beliebige andere Stellen im Verlaufe solcher Fäden dadurch, dass die ursprünglichen Zellwände sehr undeutlich, öfters ganz unsichtbar wurden. Es machte den Eindruck, als ob die betreffenden Wände vom Protoplasma resorbirt würden, und zwar begann das Verschwinden oder Unsichtbarwerden an den äusseren Partien der Querwände und schritt gegen die Mitte hin fort. Darauf sonderten sich in einigem Abstande vom Ende des Fadens her kurze Stücke desselben ab, welche etwa zwei Mal so lang als breit waren, und sich zuweilen noch durch sehr undeutliche Wände als aus mehreren Zellen bestehend erwiesen. Da wo zwei solche neu gebildete Stücke neben einander lagen, war der durch ihre Abrundung entstandene Zwischenraum mit strukturloser Masse von weniger gesättigter Farbe erfüllt, welche offenbar aus abgestorbenen, zwischen den isolirten Stücken gelegenen Zellen hervorgegangen war. Nach dem Fadenende zu verloren diese Stücke an Länge, bis sie oval und (die letzten) schliesslich ganz kreisrund wurden. Je mehr ihre Gestalt sich der Kugelform näherte, ging der Farbenton der Zwischenräume ins Gelbliche. Die zumeist mit etwas körnigem Inhalt versehenen, dunkel gefärbten Kugeln lagen entweder gedrängt neben einander, oder hatten auch grössere Lücken zwischen sich. Die Gallertscheide des ursprünglichen Fadens umgab alles und hatte hie und da geringe Ausbuchtungen nach aussen bekommen, die bald auf einer, bald auf beiden Seiten hervortraten. Weitere Veränderungen wurden in dieser Cultur 4 nicht bemerkt.

Was nun die sofort in 5 procentige Chlornatriumlösung gebrachte Oscillariacultur betrifft, so hatte es bei den ersten mikroskopischen Untersuchungen den Anschein, als ob der Sprung von 0,5 % auf 5 % zu gross gewesen wäre, denn die Algen schienen gänzlich absterben zu wollen. Nach einigen Wochen jedoch erholte sich die Oscillaria, indem die anfangs schnell aufgetretene gelbliche Färbung wieder mehr in blaugrün überging, und nun erfolgte auch hier, wie in Cultur 4, die Bildung von Kugeln. Letztere lagen zuweilen dicht reihenartig hinter einander, zeigten aber auch oft die Neigung, sich hauptsächlich da, wo der Faden dick aufgetrieben war, über einander zu lagern. Hierdurch kamen dann sehr unregelmässige Formen zu Stande (vgl. Zeichnung T. I, Fig. 1). Die Fäden, welche sich nur gleichmässig erweitert hatten, ohne durch Aufquellen ihrer Gallertscheiden jene Unregelmässigkeiten angenommen zu haben, maassen jetzt in einigen Fällen schon bis 24 μ. Aus einem Theil derselben konnte man nun durch einen leichten Druck den Inhalt herausbefördern, welcher sich dann verschieden verhielt. Dieses ungleiche Verhalten mag in den verschiedenen Fällen mit der grösseren oder geringeren Vorbereitung zur Kugelbildung zusammenhängen. Wurden nämlich solche Fäden gedrückt, die bereits die (erst nach einiger Uebung erkennbaren) allerersten Anfänge zur Kugelbildung zeigten, so traten aus ihnen einige Kugeln heraus, während aus solchen Oscillarien, die noch nicht zur Kugelbildung reif erschienen, formlose Massen entwichen. Aus diesem verschiedenen Verhalten geht hervor, dass die Kugelbildung hier nicht etwa mit derjenigen, wie sie das Protoplasma einer Cladophora oder Vaucheria nach Druck erfährt, zu vergleichen ist, denn dort wird jede frei gewordene Protoplasmamasse kugelig, hier aber nur die dazu geeigneten oder vielmehr vorbereiteten. In den nun der Stärke nach folgenden Culturen 6 und 8 zeigten sich keine Verschiedenheiten von dem Befunde der Cultur mit 5 procentigem Chlornatriumgehalt; in der Cultur 10 war die Oscillaria schon nach kurzer Zeit gänzlich verschwunden, so dass hier also die Grenze der sofortigen Anpassungsfähigkeit aus den natürlichen Verhältnissen bedeutend überschritten war.

Im Verlaufe der ersten Monate nach Feststellung des eben geschilderten Befundes liessen sich noch verschiedene weitere Abweichungen vom normalen Verhalten in den Culturen beobachten; nach drei Monaten aber hörten die Veränderungen überhaupt auf, und nach sechs Monaten, vom Beginne der Versuche an, konnte dann Folgendes constatirt werden.

Die Oscillaria zeigte auch jetzt in der 1 procentigen Cultur nur

geringe Veränderungen; die auffällig kräftige, blaugrüne Färbung verrieth, dass die Alge wohl geeignet sei, in dieser Salzlösung weiter zu vegetiren, und dass die Anpassung an 1 % Kochsalz völlig durchgeführt war. Die etwas gequollene Membran zeigte zuweilen eine schwache Schichtung, und betreffs der Dicke der Fäden war aus der Durchnittszahl von vielen Messungen zu constatiren, dass sie etwas zugenommen hatte.

Während man also bei 1 procentiger Chlornatriumlösung ein erfreuliches Gedeihen beobachten konnte, dem eine Anpassung mit nur geringer Gestaltsveränderung zu Grunde lag, waren in der Cultur 2, der sich die mit 3 % Chlornatrium eng anschloss, schon weiter gehende Veränderungen erfolgt. Die Dicke dieser Fäden betrug bis 28 μ, wovon allerdings 2—4 μ auf jeder Seite für die nunmehr deutlich geschichtete Membran zu rechnen sind. Ausserdem gab es noch sowohl dickere wie dünnere Fäden, und auch solche, die ein gelbes, kränkliches Aussehen zeigten. Viele Fäden aber hatten diejenige Farbe unverändert beibehalten, welche der Oscillaria ursprünglich eigen ist.

Als auffallende Erscheinung wurde constatirt, dass die Anfangsstadien der Kugelbildung, wie sie oben beschrieben wurden, bereits hier, und zwar auch in derselben Art und Weise auftraten. Einige wenige Fäden zeigten an beliebiger Stelle einen dunkleren Zellinhalt, der körnig zu sein schien, und mit dessen Auftreten ein gleichzeitiges Verschwinden der Zellquerwände verbunden war. Dann rundeten sich auch hier kugelförmige Partien mit gleichmässig körnigem Inhalt ab, die eine dünne Membran hatten und meist von der ursprünglichen Gallertscheide umgeben blieben. Durch Verquellen der Scheide oder auf andere Weise frei gewordene Kugeln fanden sich nur in sehr geringer Anzahl, so dass es den Anschein hatte, als ob die 2 procentige Lösung erst im Laufe der Zeit, und dann nicht einmal vollkommen, diejenigen Veränderungen hervorzurufen im Stande wäre, welche stärkere Lösungen schneller, wenn auch unter erheblichem Verlust an Material, bewirkten. Die Menge der leeren Membranen hatte sich gegen früher nicht vermehrt, ein Zeichen, dass diejenigen Fäden der Oscillaria, welche den Uebergang in 2 und 3 % Salz einmal ertragen hatten, auch weiterhin in demselben leben konnten. Freilich fanden sich immer noch viele Fäden, die weder die ursprüngliche Farbe, noch die Kugelbildung zeigten, sondern gelblich aussahen und im Uebrigen die gewöhnliche Beschaffenheit der Zellen beibehalten hatten; von diesen letzteren darf man vielleicht annehmen, dass sie die Mitte halten zwischen solchen, die überhaupt nicht fähig sind sich anzupassen und

im Salz absterben, und solchen, welche sich, eventuell unter Erleidung von Veränderungen, an das Salz gewöhnen.

Die gelben Fäden sind aber solche, welche sich lange abquälen, um unter den gebotenen Bedingungen weiter zu leben, die aber doch zu einer Anpassung an Salz nicht gut disponirt sind und dieselbe ohne längeres Kranksein nicht bewerkstelligen können. Endlich aber kräftigen sie sich wieder und gleichen dann den übrigen Fäden; geschieht dies aber nicht, so gehen sie zu Grunde.

Es muss noch hinzugefügt werden, dass sich die einzelnen Theile eines und desselben Oscillariafadens sogar verschieden verhalten können, denn es wurde nicht selten beobachtet, dass im nämlichen Faden körnige, blaugrün gefärbte Partien mit solchen von gelber Farbe wechselten.

Zwischen Cultur 2 und 3 und dem Befund in den stärkeren Salzlösungen traten nach Verlauf von sechs Monaten seit dem Beginn der Versuche nur noch geringe Unterschiede hervor. In einigen Fäden betrug die Dicke bis 35 μ; bezüglich dieser wie der Farbe liessen sich wieder dieselben Kategorien wie oben unterscheiden. Die Kugeln lagen in Cultur 5, 6 und 8 oft, in letztgenannter Cultur fast nur ausserhalb der Fäden, welche sie durch Verquellen der Membran freigegeben hatten. Dabei hatten die Gallertmembranen die seltsamsten Formen angenommen, Vorstadien eines baldigen, gänzlichen Zerfliessens. In der aus Cultur 8 abgeleiteten Cultur 10 fanden sich nur noch wenige Kugeln, die aber meist schon unregelmässige Conturen, Einschnitte etc. zeigten und in der anfangs angesetzten 10 procentigen Cultur wurden überhaupt weder Fäden noch Kugeln angetroffen.

Es wurden nun aus Cultur 4, 6 und 8 einzelne Kugeln eingefangen und theils in Culturtropfen von verschiedener Salzconcentration, theils in reinem, nur mit Nährlösung versehenem Wasser zu Einzelculturen verwendet. Indessen gelang es nicht, irgend welche Veränderungen in denselben wahrzunehmen. Die Kugeln blieben längere Zeit hindurch völlig unverändert liegen, bis reichliche Mengen von Bacterien sich einfanden, die den allmählichen Zerfall der Kugeln herbeiführten.

Von derjenigen Oscillaria, welche sich über sechs Monate in einer 6 procentigen Lösung befunden hatte, wurde ein Theil wieder in reines Wasser gebracht, welches nur noch Nährlösung enthielt. Hierin trat nun die natürliche blaugrüne Farbe wieder ein und die Verquellung der Membran liess nach. Die Dicke der Zellen blieb aber immer noch eine grössere als diejenige vor Beginn der Culturen.

Es war also durch die Salzeinwirkung eine dickere Form erzielt worden, die wenigstens eine Zeit lang constant blieb.

Welche Bedeutung die beschriebenen Kugeln haben, wurde nicht in völlig befriedigender Weise aufgeklärt, da dieselben in der ihnen gegönnten Zeit keine weiteren Veränderungen zeigten.

Es liegen hier zwei Möglichkeiten vor. Entweder sind die Kugeln Hormogonien, welche bezüglich ihrer Zellengestalt aufs Aeusserste reducirt sind, so dass sie eine Art Sporen darstellen oder eher eine Vorstufe der Sporenbildung bedeuten mögen, oder man darf in der Kugelbildung das Analogon eines Vorganges erblicken, welcher bei Phycomyceten vorkommt. Letztere haben bekanntlich Hyphen, welche nicht septirt sind; im Nothzustand aber treten Scheidewände auf. Hierauf wird ein Theil der Hyphe preisgegeben, gewissermaassen um den anderen zu retten.

Nähme man Aehnliches bei der Oscillaria an, so würde es auch wieder darauf ankommen, die Kugeln (nach einer etwaigen Ruhezeit?) weiter zu verfolgen, um sichere Schlüsse ziehen zu können.

Anabaena flos aquae.

Anabaena flos aquae Kg. (genuina) fand sich in mehreren Aufsammlungen von Algen vor, welche zu Culturversuchen dienten, und zwar sowohl an gewöhnlichen Fundstellen, wie auch auf der Salzwiese. Sie bildete meist einen dünnhäutigen, spangrünen Ueberzug der Wasserfläche und vermehrte sich bei Zimmercultur mit Nährlösung sehr schnell, so dass bald mehrere ansehnliche Häute, die hauptsächlich aus Anabaena bestanden, aber auch noch Oscillarien und Diatomaceen enthielten, losgetrennt und zu weiteren Culturen verwendet werden konnten. Die perlschnurartigen Zellreihen waren meist hin- und hergebogen oder auch in einander verschlungen. Die vegetativen Zellen hatten eine kugelige Gestalt, während die Heterocysten etwas länglich und die Dauerzellen wieder kugelig und gelb gefärbt waren. Die Dicke der vegetativen Zellen betrug 5—7 μ, die der Dauerzellen war 8—10 μ (vgl. T. I, Fig. 2, 0 %).

Zunächst wurde diese Anabaena, während sie sich im besten Wachsthum befand und viele Heterocysten wie auch nicht selten Dauerzellen ausbildete, in eine 1 procentige Chlornatriumlösung übertragen. Sie zeigte hier auch ferner gutes Gedeihen, sonst aber keine Veränderungen, so dass nach Verlauf eines Monats ein Theil der Alge in 2 procentige Chlornatriumlösung übertragen werden konnte.

In dieser traten zwei Abweichungen zu Tage. Die eine bestand darin, dass sich die Zellen etwas vergrösserten, dabei waren Theilungserscheinungen der vegetativen Zellen sehr häufig, so dass sich ganze Schnüre fanden, in denen jedes Glied eine Querwand gebildet hatte (vgl. Fig. 2, 3 %). Die zweite Veränderung, welche die 2 proc. Salzlösung hervorgerufen hatte, war eine Verquellung der die Zellen zusammenhaltenden äusseren Membranschichten, so dass diese dadurch ziemlich ansehnlich wurden. Beide Erscheinungen traten noch mehr hervor, nachdem abermals nach einem Monat wieder die Salzlösung um 1 % Chlornatrium verstärkt war. In dieser 3 procentigen Cultur waren nun zahlreiche Zellen durch Theilung entstanden und deutlich von einander getrennt. Die Tochterzellen hatten aber nicht die ihnen im normalen Zustande zukommende runde Form angenommen, sondern sie waren ziemlich erheblich abgeplattet, so dass es den Eindruck machte, als ob die einzelnen Zellen sich durch ihr enges Aneinanderliegen drückten. Dabei liess sich noch immer deutlich erkennen, welches die aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Tochterzellen waren, denn diese beiden standen sich immer unter einander etwas näher als mit den ihnen benachbarten Zellen. Die Farbe war eine etwas hellere und mehr ins Grünliche spielende geworden (vgl. Fig. 3, 3 %).

Die aus dieser 3 procentigen Cultur abgeleitete Cultur mit 4 % Chlornatriumgehalt wich von jener nur dadurch ab, dass die Gallertmembran, welche die Schnüre zusammenhält, noch mehr verquollen war und an einigen Stellen zu zerfliessen anfing. Dadurch traten manche Zellen seitlich unregelmässig hervor oder schoben sich aus dem Verbande, wodurch dem ehemals perlschnurartigen Faden ein unordentliches Aussehen verliehen wurde.

Bei 6 % Chlornatriumgehalt starben die Zellen, indem der Inhalt immer dünner und heller wurde, nach etwa drei Monaten ab und die Membran zerfloss theils rascher, theils umgab sie noch lange die gänzlich farblosen Zellen. Während die 6 procentige Cultur nach drei Monaten als abgestorben betrachtet werden musste, lag der Zeitpunkt des Absterbens in Cultur 5 bei 4 und in der 4 procentigen Cultur bei $5^1/_2$ — 6 Monaten. Die 3 procentige Cultur hingegen, wie die schwächeren, befanden sich, nachdem sie 11 Monate lang das Salz ertragen hatten, im Zustande des besten Wachsthums, so dass die betreffenden Culturgläser mit einem kräftigen, blaugrünen Rasen zugewachsen waren. Die Veränderungen, welche sich bei der in salzhaltigem Wasser cultivirten Alge zeigten, erstreckten sich nur auf die abgeplattete Form der Zellen, die noch immer mit der grössten Deutlichkeit hervortrat (vgl. Fig 2, 1 %).

Um sich von der Abplattung einen deutlichen Begriff machen zu können, seien folgende Zahlen angegeben; die Zellfäden der Anabaena in 3 procentiger Chlornatriumlösung hatten noch dieselbe Dicke, wie sie die Alge in der Natur aufweist: 5 — 7 μ. Indessen war die Breite der einzelnen Zellen eine bedeutend geringere geworden. Diese konnte am besten festgestellt werden, wenn ein Stückchen des Zellfadens gemessen und die darin befindlichen Zellen gezählt wurden. In derartigen Zellstücken von 38 μ Länge wurden fast immer 12 Zellen gezählt, wonach sich die Breite der einzelnen Zelle auf ca. 3 μ berechnet. Die Dimensionen der Zellen verhielten sich also wie 3 zu 7. Dieses Verhältniss wurde bei der in 1 und 2 % cultivirten Anabaena etwa wie 5 zu 7.

Stellt man die Zeit, während welcher diese Alge in verschiedenen Salzlösungen zu leben vermag, zusammen, so ergibt sich folgende Tabelle:

Procente	Monate						
1							länger als ein Jahr.
2							
3							
4					$5\frac{1}{2}$		
5				4			
6			3				

Zygnema stellinum genuinum.

Die zu den nachstehend beschriebenen Versuchen benutzte Zygnema fand sich (im Juli 1890) neben verschiedenen anderen Algen, auf die erst später eingegangen werden soll, in einem Teiche bei Osterode am Harz.

Sie bildete lose, verworrene, grüne Rasen. Ihre Zellen waren ein bis drei Mal so lang als breit, und zwar meist die Endzellen die kürzeren. Die Breite der vegetativen Zellen betrug 35 μ; im Innern derselben befanden sich neben dem centralen Zellkern zwei axile, vielstrahlige, einen Amylumkern enthaltende Chlorophyllkörper; andere Zellen enthielten zwei breite, durch eine dünne Brücke verbundene, axile Chromatrophoren.

Diese Zygnema wurde Culturversuchen in der Weise unterworfen, dass sie anfangs in eine 0,5 procentige Chlornatriumlösung gebracht wurde. Es zeigten sich darin durchaus keine Veränderungen, so dass nach einem Vierteljahr ein Theil der angepassten Alge in stärkere Lösung überführt werden konnte. Von der 0,5 procentigen Lösung wurde zuerst eine Cultur mit 1 und eine andere mit 2 % Kochsalz abgeleitet. Nach etwa 1 1/2 Monaten konnte eine Zunahme der Dicke der Fäden constatirt werden, so dass dieselbe bis 40 μ erreichte. Ausserdem fiel noch auf, dass die Zellen mit vielstrahligem Chlorophyll bedeutend seltener geworden waren, indem der Chlorophyllkörper sich zu zwei dunklen Kernen, die eine dichtkörnige Beschaffenheit angenommen hatten, und durch eine schmale Brücke verbunden waren, umgewandelt hatte. Zwischen den beiden Chromatophoren lagen meist zwei bis drei Vacuolen; dabei war die Membran häufig verdickt und vielschichtig; das Plasma lag ihr dicht an. Von der 2 procentigen Cultur wurde nun wieder eine 3- und eine 4 procentige Cultur abgeleitet. Nach 1 1/2 Monaten waren hierin einige weitere Veränderungen wahrzunehmen. Diese erstreckten sich einmal auf die Farbe, die von den äussersten Partien des Chlorophylls nach der Mitte, resp. nach dem Kern zu, ins Gelbliche überging, oft sogar ganz weiss wurde, so dass man den Amylumkern nur noch mit Chlorophyll bedeckt fand. Der übrige Theil der Zelle war körnig und an allen vier Ecken fanden sich von dem Zellinhalt kleine Theile abgetrennt, die entweder bald verschwanden oder noch einige Zeit hindurch ihren Platz in der Ecke behaupteten. Nach Verschwinden der abgetrennten Ecken des länglichen Zellinhaltes erhielt derselbe ein eigenthümliches Aussehen (vgl. T. I, Fig. 4b). Das Schrumpfen des Zellinhaltes schritt zuweilen noch weiter vor, so dass letzterer dadurch schliesslich den Eindruck machte, als ob er zerfressen wäre.

Die Dicke der Fäden war in der Cultur 4 im Durchschnitt auf 45 μ gestiegen. Da viele Zellen noch eine unveränderte Form und Farbe zeigten, wurde aus der letztgenannten Cultur eine 5 procentige, und aus dieser wiederum eine mit 6 % Chlornatriumgehalt hergestellt. In letzterer fanden sich nach abermals 1 1/2 Monaten nicht viele unveränderte Zellen mehr vor, sondern die meisten hatten ihren Inhalt gänzlich verloren. Dabei hatten manche Zellfäden eine Dicke von 45 bis 50 μ gewonnen. Als nach dieser Zeit ein Theil der Cultur wieder in Wasser ohne Salzlösung gebracht wurde, zeigte er bald eine Rückkehr zu der normalen Dicke und lebhafte Theilung der Zellen; auch nahmen die Chlorophyllkörper wieder ihre sternförmige

Gestalt an. Die Rückkehr der Zellen zur normalen Dicke geschah sehr schnell und ohne viele Zwischenstadien in folgender Weise: eine verdickte Zelle fing von dem grünen Kern an weiter zu ergrünen, bis wieder das Chlorophyll den Zellinhalt nahezu ausfüllte. Hierauf entstand in der Mitte eine Wandung und es erfolgte Zellstreckung. Die neu gebildete Wand war aber wieder von dem normalen Durchmesser, so dass die ehemalige Zelle, aus welcher durch Auftreten der Theilungswand zwei Tochterzellen geworden waren, eine bisquitähnliche Gestalt annehmen musste. Theilten sich dann die beiden neu gebildeten Zellen wiederholt, so entstanden alsbald Zellen von der ursprünglichen Dicke.

Da in den Culturen mit einem Salzgehalt von 3 % an keine weiteren Veränderungen in dem folgenden Zeitabschnitt zu bemerken waren, und da es auch schien, als wenn die Culturen mit 3 und 4 % Chlornatrium allmählich immer mehr abstürben, so soll jetzt eine Beschreibung der Culturen, nachdem seit Ansetzen der 6 procentigen abermals vier Monate verstrichen waren, folgen.

Nach Ablauf dieser Zeit waren die Culturen mit 6, 5, 4 und 3 % Chlornatriumgehalt gänzlich abgestorben, indem auch der letzte Rest Chlorophyll aus den Zellen verschwunden war.

In der 2 procentigen Cultur hingegen war noch lebhaftes Gedeihen zu constatiren. Die Fäden hatten eine Dicke von 47 bis 48 μ (als Durchschnitt von 15 Messungen) angenommen. Die Zellen zeigten keine Plasmolyse, wohl aber ziemlich stark verquollene Membran. Es fanden sich Theilungsstadien in den verschiedensten Uebergängen, so dass es ausser Zweifel war, dass die Alge in 2 procentiger Chlornatriumlösung weiter zu leben vermochte. Während sich früher beim Durchsuchen dieser Cultur noch ziemlich häufig solche Zellen gefunden hatten, bei denen das Chlorophyll bis auf einen kleinen, centrisch gelegenen Theil verloren gegangen war, so schien dieser Zustand jetzt abzunehmen, und es trat wieder ein Ergrünen der Zellen, und zwar von der Mitte aus, ein (vgl. T. I, Fig. 4).

Die neu gebildeten Querwände zeigten denjenigen Durchmesser, welchen die angepasste Alge angenommen hatte, so dass die entstehenden Tochterzellen die gleiche Dicke wie ihre Mutterzellen erhielten.

Trotzdem der weitaus grösste Theil der Zygnema also in 2 procentiger Salzlösung zu leben vermochte und sich an dieselbe unter Aenderung der Gestalt angepasst hatte, so muss doch erwähnt werden, dass sich im Verlaufe des einzelnen Fadens oft einzelne, gänzlich ab-

gestorbene Zellen wie auch längere Reihen solcher fanden. Letztere Erscheinung trat in der 1 procentigen Salzlösung weniger hervor.

Hier betrug auch die Dicke der Zellen nur 41—42 μ im Durchschnitt, und die Membran schien etwas weniger verquollen. Während der Chlorophyllkörper in der 2 procentigen Cultur niemals sternförmig gefunden worden war, so erschien er hier schon öfter in dieser Form und in 0,5 procentiger Cultur fast immer so. Die Dicke betrug in letzterer Cultur 38—40 μ und das häufige Vorhandensein von Theilungsstadien, wie die kaum verdickte Membran, bekundeten, dass die Zygnema in gutem Wachsthum begriffen sei.

Fasst man das Bemerkenswertheste in dieser Cultur kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes: Zygnema vermag sich an Kochsalz anzupassen bis zu 2 %. Dabei tritt im Verhältniss zur Stärke der Lösung eine Verdickung der Zellfäden ein, die um $^1/_3$ mehr betragen kann als bei der ursprünglichen Form. Mit Zunahme der Concentration verquellen die Zellmembranen, während die Sternform der Chlorophyllkörper mehr und mehr verschwindet und erst nach vollständig durchgeführter Anpassung wieder erscheint.

Auch stärkere Salzlösungen werden eine Zeit lang ertragen, jedoch um so weniger lang, je höher die Salzprocente gesteigert werden. Demnach ergibt sich folgende Tabelle:

Procente	Monate						
0,5							
1							länger als ein Jahr.
2							
3						$6^1/_2$	
4					5		
5			$3^1/_2$				
6		2					

Während die nach Anpassung an Chlornatrium gebildeten neuen Zellen die Dicke haben, wie sie der Zygnema in der betreffenden Anpassungsform eigen ist, kehrt, nachdem die Algen wieder in salzfreies Wasser gebracht wurden, ohne Uebergänge die ursprüngliche Dicke wieder.

Die neuen Zellen entstehen schnell, die alten verquollenen Membranen werden abgestossen und da, wo zwei verdickte Zellen neben einander liegen, tritt oft Zerbrechen des Fadens ein.

Mougeotia laevis (Archer).

Die aus dem schon mehrfach erwähnten Salzwiesengraben bei Nörten stammende Mougeotia vermehrte sich rasch bei Cultur im Zimmer in reinem Wasser mit Nährsalzen, so dass sie alsbald eine Reincultur ergab.

Sie bildete lose, verworrene Rasen, deren Fäden aus cylindrischen Zellen ohne Wandsculptur bestehen und ein Chromatophor enthalten, welches eine axile Platte darstellt. Die einzelnen Stärkekörner, welche in diesem Farbstoffträger liegen, sind von ovaler oder unregelmässiger Gestalt und erreichen eine Grösse bis zu 2 μ. Ein Zellkern oder andere, geformte Gebilde waren in den Zellen wegen übergrosser Fülle an Stärke nicht zu unterscheiden; selbst durch Färbung mit 1 procentiger Chromsäurelösung und Boraxcarmin war es nicht möglich, den Zellkern sichtbar zu machen. Die vegetativen Zellen sind 17 bis 20 μ breit und zwei bis drei Mal so lang. Ihre Farbe entspricht 12q der Scala.

Ein Theil der Mougeotia wurde aus der Wassercultur in ½ procentige Chlornatriumlösung übertragen und von Zeit zu Zeit mikroskopisch untersucht. Anfangs zeigten die Zellen gar keine Veränderung und erst nach Verlauf mehrerer Monate konnte constatirt werden, dass die Fäden sich ein wenig verdickt hatten. Die Alge war also in der Natur in etwa 0,5 procentiger Kochsalzauflösung gefunden und hatte sich später, ohne Störung zu erleiden, im Zimmer in salzfreiem Wasser vermehrt. Darauf war sie wiederum in 0,5 procentige Salzlösung gebracht und zeigte darin keine Veränderungen. Hieraus ging hervor, dass das Vorhandensein oder Fehlen von 0,5 % Salz auf die Mougeotia ohne wesentlichen Einfluss ist, denn die zuletzt eingetretene Verdickung war in der That sehr unbedeutend und fiel erst auf, nachdem viele Messungen gemacht waren und die Durchschnittszahl, welche eine Dicke von 22 μ ergab, daraus berechnet wurde. Das Dickerwerden der Fäden mochte vielleicht auch mit der Wirkung der guten Nährlösung neben der Anwesenheit von Kochsalz zusammenhängen.

Ein Theil der in der 0,5 procentiger Chlornatriumlösung cultivirten Mougeotia wurde nach Verlauf eines halben Jahres in 1 procentige Lösung gebracht und zeigte hierin bald darauf schon erheblichere Ver-

änderungen. Die Durchschnittszahl von 15 Messungen ergab, dass die Fäden eine Dicke von 24 μ erreicht hatten, wobei zu bemerken war, dass die Dicke an den Enden der Zellen oftmals grösser als gegen die Mitte zu gefunden wurde. Viele Zellen von der Farbe 11q befanden sich in Theilungsstadien, andere indessen machten einen kränklichen Eindruck, da sie gelb geworden waren. In manchen Fäden gab es zwischen den noch lebenden viele abgestorbene, inhaltslose Zellen. Wieder andere Fäden bestanden aus Zellen, die eine unregelmässige Anschwellung entweder nur auf einer Seite oder auch auf allen bekommen hatten. Der Zellinhalt war homogener geworden als er in 0,5 procentiger Kochsalzlösung gewesen war, d. h. es fehlten die Stärkekörner, was auch durch das Nichtauftreten der Jodreaction bestätigt wurde. Von der in 1 procentiger Salzlösung gedeihenden Mougeotia wurde hierauf ein Theil in 2 procentige Lösung übertragen; da sie in ihren unten zu beschreibenden Veränderungen mit derjenigen Cultur der Mougeotia übereinstimmte, welche sofort von ihrem natürlichen Standorte in 2 procentige Chlornatriumlösung übertragen worden war, so gilt das Folgende von beiderlei Culturen gemeinsam.

Kurz nachdem die 2 procentige Cultur angesetzt war, entwickelte die Mougeotia reichliche Mengen von Sauerstoff und es schien, als ob sie eine noch kräftiger grüne Farbe angenommen hätte. Dabei zeigten die Zellen oft unregelmässige Ausstülpungen und Kniebildungen, welche dadurch entstanden waren, dass sie sich bauchig verdickten oder sackartige Anschwellungen bildeten (vgl. T. I, Fig. 5). Der Chlorophyllkörper füllte entweder das Innere gänzlich oder nur einen Theil derselben aus. Hierdurch entstanden die wunderlichsten Verzerrungen der Alge, wie sie bis dahin niemals beobachtet wurden (vgl. T. I, Fig. 7). In ihrem frühesten Zustande schienen diese Ausstülpungen die Vorboten der Copulationsvorgänge darzustellen; aber auch nur in der allerersten Zeit konnte man an Zygosporenbildung denken, denn aus den anfangs kleinen Fortsätzen entwickelten sich bald die genannten sonderbaren Auswüchse. Das Chlorophyll sämmtlicher Zellen war wieder homogen und die letzteren mit Stärke vollgestopft, so dass nach Jodfärbung starke Bläuung eintrat. (Es muss noch hinzugefügt werden, dass sich in einigen Fäden grosse Mengen von Schmarotzern fanden; diese stellten runde, farblose Wesen dar, die sich fortzubewegen im Stande waren. Sie scheinen das Chlorophyll zu verzehren, oder machen es sonst verschwinden, denn diejenigen Zellen, die noch grün gefärbt waren, enthielten gar keine oder doch nur wenige der Thiere, während diejenigen Zellen, deren Farbstoff verschwunden war, oft mit den Schmarotzern angefüllt da-

lagen. Man sah deutlich, dass die Zellenwände meist durchlöchert waren, und es ist daher anzunehmen, dass die Thiere von unten her in die Fäden eindringen und sich dann durch die Wände hindurchbohrend, von Zelle zu Zelle fortbewegen.)

Die oben beschriebenen Unregelmässigkeiten der Zellen hatten nach Verlauf eines Monats noch zugenommen, so dass die meisten Zellen jetzt mit einem grösseren oder kleineren Auswuchs versehen waren oder doch eine eigenthümliche Verbiegung erfahren hatten. Die Farbe des Chlorophylls war dabei noch eine gesättigtere geworden, so dass sie früher mit Farbe 11 r und jetzt mit Farbe 11 k bis l übereinstimmte.

Wiederum nach Verlauf eines Monats waren die Ausstülpungen und Zellverbiegungen im Abnehmen begriffen. Diejenigen Zellen, die am ärgsten verunstaltet gewesen waren, starben unter Verschwinden des Chlorophylls ab, während die weniger veränderten nach mehrfacher Theilung in ihren Abkömmlingen zu der ursprünglichen Gestalt zurückkehrten und nur eine Durchschnittsdicke von 24 bis 26 μ behielten.

Von dieser in 2 procentiger Chlornatriumlösung befindlichen Mougeotia waren, so lange die Verbiegungen und Verunstaltungen noch im Zunehmen begriffen waren, zwei fernere Culturen abgeleitet worden; in der einen waren die Zellen aus 2 procentiger Chlornatriumlösung wieder in reines Wasser, dem nur Nährsalze zugefügt wurden, zurückversetzt, während die andere Cultur Mougeotia enthielt, die aus 2 procentiger Salzlösung in 3 procentige und darauf in 4 procentige übertragen wurde. Von diesen beiden Culturen soll nun berichtet werden.

Die aus 2 procentiger Chlornatriumlösung in Wasser weiter cultivirten Mougeotien zeigten im Vergleich zu den Exemplaren, die in der Salzlösung verblieben waren, noch viel stärkere, oft ganz wunderbar geformte Verkrümmungen (vgl. T. I, Fig. 6). Makroskopisch betrachtet machte die Alge den krausen Eindruck, wie man ihn von verbranntem Haar kennt. Fast jede Zelle zeigte irgend eine Unregelmässigkeit; manche waren um das Doppelte der ursprünglichen Dicke angeschwollen und enthielten den ebenfalls riesig vergrösserten Chlorophyllkörper, der oft nebst seiner deutlich hervortretenden Hautschicht ein ganz zerknittertes Aussehen erhalten hatte. Auch Zellen, die nach einer oder sogar nach mehreren Richtungen mehr oder weniger spitze Fortsätze entsandten, waren nicht selten; die Länge der letzteren war auch wieder eine sehr ungleiche.

Nach Verlauf eines Monats hatten sämmtliche oben aufgeführten Veränderungen noch mehr zugenommen, und dann begann nach aber-

mals längerer Zeit ein rasches Absterben der Alge. Die am ärgsten verkrüppelten Zellen verloren zuerst ihren Inhalt, dann erstreckte sich das Zugrundegehen auch auf alle übrigen Zellen, bis in kurzer Zeit die ganze Cultur abgestorben war, so dass sogar Zergehen der Zellmembran erfolgte.

Es erübrigt nun noch auf das Verhalten einzugehen, welches die aus 2 procentiger Kochsalzlösung in 3- und dann in 4 procentige übertragene Mougeotia zeigt. (Ein Unterschied zwischen der Cultur 3 und 4 war nicht wahrzunehmen.)

Nachdem die Mougeotia etwa 14 Tage in 4 procentiger Salzlösung gewesen war, bekam sie plötzlich eine stark gelbliche Farbe und es schien, als ob sie absterben würde; dabei verschwanden in den folgenden Wochen die Verkrümmungen und Auswüchse zur grössten Mehrzahl dadurch, dass wieder eine Streckung erfolgte und die Aussackungen wieder ausgeglichen wurden. Es war augenscheinlich, dass die Alge sich sehr abquälte, um sich noch an die 4 procentige Salzlösung anzupassen und dass die dabei auftretende Gelbfärbung der Zellen das Zeichen einer dabei entstehenden Krankheit war, die ja auch bei einer derartig gewaltsamen Anpassung, wie sie in der kurzen Zeit verlangt wurde, nicht ausbleiben konnte.

Nach etwa 8 Wochen aber wurde die Farbe des Chlorophylls wieder grüner und gleichzeitig mit dieser Veränderung trat eine rapide Zelltheilung auf. Es wurden 2—4 Zellkerne sichtbar, welche durch Theilung entstanden waren, und die Zellquerwände bildeten sich viel schneller als die Streckung erfolgen konnte. Es trat also durch die Salzwirkung eine Verlangsamung des Wachsthums bei beschleunigter Theilung auf, und die Folge davon war, dass viele kurze Zellen gebildet wurden. Die äusseren Membranschichten waren in ihrem gequollenen Zustande nicht fähig, den durch Neubildung von Zellen veranlassten Streckungen zu folgen und wurden deshalb zersprengt. Die neu gebildeten Mougeotiazellen waren von einer dünnen, äusseren Membran umgeben, die sich erst ganz allmählich wieder verdickte. Die abgerissenen oder zum kleinsten Theil anhaftenden Fetzen der alten Membran zeigten an, in wie viele Theile sich die ehemalige Zelle in der kurzen Zeit seit der Anpassung getheilt hatte. Die Dicke der Zellen betrug 28 μ, wovon allerdings je 2 μ auf jede Membran kamen.

Bei dem langsamen Anpassungsvermögen der Mougeotia war es nicht möglich bis jetzt die oberste Salzgrenze, an welche sich diese Alge anzupassen im Stande ist, zu ermitteln, und soll diese Lücke durch spätere Untersuchungen ausgefüllt werden. Bei dem guten Fort-

kommen in 4procentiger Salzlösung liegt die Vermuthung nahe, dass auch noch höhere Concentrationen vertragen werden, vorausgesetzt, dass man ganz allmählich höhere Salzprocente anwendet und den neuen Anpassungen immer genügende Zeit lässt, sich erst wieder zu kräftigen und zu vermehren; denn dadurch, dass so viele Zellen, die sich allzusehr verkrümmen, absterben und so für die spätere Cultur verloren gehen, schmilzt das Material sehr zusammen. Anderseits wird aber das Wachsthum, je stärker die Concentration wird, um so langsamer, denn bei einem in Einzelcultur befindlichen Faden, der an 4 % Salz angepasst war, wuchs eine Zelle desselben, trotzdem sich zwei neue Zellquerwände innerhalb acht Tagen gebildet hatten, um kaum 5 μ, während der Zelltheilung unter normalen Umständen eine Streckung oft um die Hälfte der ursprünglichen Zelle vorausgeht.

Um nun noch einmal kurz die Ergebnisse dieser interessanten Cultur zusammenzufassen, sei Folgendes wiederholt:

Mougeotia ist im Stande, sich an Chlornatriumlösung mindestens bis zu einer Stärke von 4 % anzupassen. Dabei tritt eine Verdickung der Fäden um ungefähr $\frac{1}{3}$ auf. Die Anwesenheit von 1 % Salz und mehr bewirkt unregelmässige Anschwellungen und Vorsprünge, welche als Krankheitserscheinungen aufzufassen sind, denn die Bildungen verschwinden nach einigen Monaten wieder und die normale Gestaltung kehrt zurück. Bringt man die Mougeotia, die schon einige Zeit im Salz gewesen und stellenweise angeschwollen ist, wieder in salzfreies Wasser, so vermehren sich die Unregelmässigkeiten so enorm, bis die Alge schliesslich zu Grunde geht. Wird aber die Salzlösung, in welcher die angeschwollene Mougeotia sich befindet, von 1 oder 2 % auf 4 % verstärkt, so vermag die Alge sich daran unter Verdickung anzupassen. Die Membran verquillt bei der Salzfütterung und wird, da sie sich nun nicht mehr zu dehnen vermag, abgesprengt und durch eine neue ersetzt.

Es ist aus dem geschilderten Verhalten der Mougeotia zu entnehmen, dass geringe Kochsalzmengen innere Veränderungen hervorrufen, die sich bei einer gewissen Concentration der Lösung auch in äusserlich hervortretenden abnormalen Gestaltsveränderungen documentiren. Diese Tendenz ist dann aber schon so mächtig geworden, dass ein Zurückversetzen in reines Wasser, also eine gewaltsame und plötzliche Aenderung der Vegetationsbedingungen, derselben nicht mehr Einhalt zu thun vermag und wegen nunmehr unzureichender Salzmengen zum Tode führt. Anderseits erfolgt bei weiterer Steigerung des Salzquantums in der Cultur allmählich eine Anpassung der Alge

an diese Kochsalzlösungen, der nur noch in der ungewöhnlichen Schnelligkeit der Zelltheilung etwas Abnormales anhaftet.

Chlorella vulgaris (Beyerinck).

In einer Flasche, welche 1 procentige Kochsalzlösung nebst für Algen dienende Nährstoffe enthielt, und die einige Zeit vor einem nach Norden gelegenen Fenster gestanden hatte, wurde (Ende Februar 1891) ein dünner, grüner Ueberzug des Glases bemerkt. Bei der Untersuchung zeigten sich kleine, runde oder doch rundliche Zellen von ziemlich verschiedener Grösse (5 — 9 μ). Die gefundenen Zellen zeigten eine grosse Uebereinstimmung in ihrer Erscheinung bei wechselnder Grösse, vorzüglich mit Bezug auf die Anordnung des Chromatophors. Dieses füllte nämlich selten die ganze Zelle aus, sondern lag meist nur einer grösseren Stelle der Wand an. Letztere wurde zuweilen zur Hälfte, öfter aber auch nur zum dritten Theil von dem Chlorophyllkörper bedeckt. Die Membran war aussen von einer dünnen Gallertschicht umgeben. Die Zellen enthielten ein oder mehrere Oeltröpfchen, im Uebrigen zeigte das Plasma eine sehr homogene Struktur. Wenn Theilung erfolgen sollte, so fand die erste sichtbare Veränderung im Chromatophor statt, alsdann zerfloss die Membran, und es entstanden meist vier oder auch mehr Tochterzellen. Eine Vermehrung durch Zoosporen wurde niemals bemerkt. Da die Alge ebenso mit der Beschreibung wie mit den Abbildungen von Chlorella vulgaris übereinstimmt, welche M. W. Beyerinck in No. 45 der botan. Zeitung von 1890 entwirft, so betrachte ich sie als mit dieser identisch und werde sie im Folgenden mit dem genannten Namen bezeichnen. Die Chlorella, welche sich in der 1 procentigen Salzlösung augenscheinlich sehr gut entwickelt hatte, wurde sogleich theilweise in 4 procentige Lösung übertragen. Nach 1½ Monaten konnte eine erhebliche Vergrösserung der Zellen constatirt werden. Zwar variirte die Grösse derselben nicht mehr so sehr wie anfangs, aber die Zellen erreichten einen Durchmesser bis zu 12 μ, wenngleich auch noch manche Zellen unter diesem Maasse zurückblieben.

Bezüglich des Inhaltes war eine Veränderung nicht zu constatiren, auch erfolgte die Tochterzellenbildung noch gerade so, wie in der 1 procentigen Cultur. Die Farbe der Zellen war etwas mehr gelb geworden, so dass daraus schon zu entnehmen war, es werde die Anpassung sich nicht an viel höhere Salzprocente erzwingen lassen. Und

in der That starben, als das Salzquantum bis auf 6 % gesteigert war, die Zellen schnell ab.

Eine aus der 1 procentigen hergestellte Cultur ohne Chlornatrium ergab kaum eine Veränderung im Vergleich zu den oben beschriebenen Zellen; selbst ein Unterschied mit Bezug auf die Grösse liess sich nicht feststellen. Die Culturen mit 1 und die mit 4 % Salz wurden während eines halben Jahres weiter beobachtet. Es zeigten sich dabei nur wenige Veränderungen, abgesehen davon, dass der Grössenunterschied der Zellen immer mehr verschwand, indem die Chlorella in der 1 procentigen Cultur langsam weiter wuchs, während in der 4 procentigen ein Stillstand eingetreten zu sein schien. Hierdurch wurden die Culturen einander immer ähnlicher.

Dieser auffallende Umstand mag dadurch zu erklären sein, dass der Sprung von 1 auf 4 % ein etwas gewaltsamer, der auf die Zellen ausgeübte Reiz ein sehr intensiver gewesen war. Die Chlorella wurde durch die plötzliche Steigerung des Salzgehaltes zu rascherer Vergrösserung der Zellen angeregt, die alsbald zu der möglichen Maximalgrösse führte. Anderseits mussten die in der 1 procentigen Lösung verbleibenden Zellen diese Maximalgrösse ebenfalls, wenn auch langsamer, erreichen, so dass sie erst nach längerer Zeit dieselbe zu erlangen vermochten.

Tetraspora explanata.

Unter vielen anderen Algen, die sich in einem unweit Göttingens gelegenen kleinen Teiche fanden, war auch die Tetraspora vertreten. Daneben enthielten die auf dem Wasser schwimmenden Polster noch viele andere Arten. Diese Algen wurden möglichst gleichmässig in der oben mitgetheilten Weise gemischt und dann jedesmal etwa 2 g davon in ein Culturgläschen gebracht. Je vier der Culturen, welche mit diesen Algen hergestellt wurden, enthielten 1, 2, 3 und 4 % Chlornatrium.

Nach Verlauf von 20 Tagen war Cultur 4 bereits gänzlich abgestorben. In den übrigen, schwächeren Culturen vermehrte sich aber die Tetraspora in so rapider Weise, dass sie kurze Zeit darauf (hauptsächlich in der 3 procentigen Cultur) den Boden bedeckte und demnach leicht aus diesem Gefäss in andere übertragen werden konnte. Diese Alge besteht bekanntlich aus kugeligen Zellen, welche von dicken, zusammenfliessenden sehr wässerigen Gallertmembranen umgeben werden. Die Zellen liegen meist zu zwei und vier genähert;

sie theilen sich abwechselnd in zwei Richtungen und bilden daher eine einfache Schicht; ihr Inhalt besteht aus körnigem Protoplasma, einem oft deutlichen Kern und zuweilen einigen Oeltröpfchen. Die Vermehrung geschieht durch vegetative Zelltheilung und durch Zoosporenbildung, die isogame Fortpflanzung durch Schwärmer, welche mit zwei Cilien versehen sind. Die Dicke einer Zelle beträgt in freier Natur 4 μ (vgl. T. I, Fig. 9).

Schon bei Anwesenheit von 1 % Chlornatrium neben der üblichen Nährlösung betrug die Grösse der sonst unveränderten Zellen 5—6 μ (Fig. 9, 1 %). Bei der Cultur 2 waren die Zellen abermals etwas vergrössert und massen ca. 6 μ. Bezüglich des Inhaltes wie der Membran war jedoch auch hier noch keine Veränderung zu merken, nur schien es, als ob die zu den einzelnen Tetraden gehörigen Zellen sich im Allgemeinen etwas von einander entfernt hätten. Ausserdem traten aber auch in der Gallertmasse, welche aus den verschmolzenen, äusseren Membranschichten der Zellen bestand, Veränderungen ein (Fig. 9, 2 %): schon in Cultur 2 und noch mehr in Cultur 3 bemerkte man eine compactere Gallertschicht in unmittelbarer Nähe der einzelnen Zellen, welche sich bei der im Freien wachsenden Pflanze nicht hatte erkennen lassen. Diese Schicht war ohnedies ziemlich gut sichtbar, ward aber noch deutlicher nach Färbung mit Jod. Wie es in der Cultur 2 schon den Anschein hatte, dass die einzelnen Zellen der Tetraden sich von einander entfernten, so wurde dies noch deutlicher in Cultur 3; dort fanden sich gar nicht selten einzelne Zellen, ohne eine bestimmte Orientirung zu anderen, jede von ihrer Membran umgeben (Fig. 9, 3 %).

Aus der Cultur 3 wurde Cultur 4, und aus dieser nach einiger Zeit Cultur 5 abgeleitet. In Cultur 4 waren die Zellen wiederum dicker geworden und sie erreichten eine Durchschnittsdicke von 6 bis 8 μ (Fig. 9, 4 %). Auch in der Cultur mit 5- und einer weiterhin daraus abgeleiteten Cultur mit 6 procentiger Chlornatriumlösung nahm die Dicke der Zellen continuirlich zu und betrug 8—10 (selten bis 12) μ. Damit schien aber auch vorläufig in Bezug auf die Vergrösserung ein Stillstand eingetreten zu sein. In der Cultur 5 traten ausserdem Formen der Theilung auf, die von der natürlichen abwichen. Tetraspora theilt sich nämlich, wie gesagt, ohne Kochsalzzusatz in zwei Richtungen der Fläche und es entstehen dabei immer an Durchmesser wenig von einander abweichende Tochterzellen; anders ist es hier. Die meist vergrösserten Mutterzellen bilden zwei ungleiche Tochterzellen, von denen die kleinere anfangs noch mit der Schwesterzelle durch die Gallertmembran zusammenhängt, später jedoch sich von derselben abtrennt. Zuweilen sieht es sogar so aus, als ob die Mutterzelle nur

ein Segment abtheilt, welches sich bald abrundet und nach seiner Loslösung selbständig weiter vegetirt und an Dicke zunimmt (Fig. 9, 5 %).

Infolge dieser Vorgänge waren in der Cultur grössere und kleinere Zellen vorhanden; dazu traten noch vereinzelte Zellen, welche sich durch die Dicke ihrer Membran wie durch dunkeln Inhalt auszeichneten und vielleicht als Akineten aufzufassen waren. In der Cultur 6 war, wie schon oben bemerkt, ungefähr das Maximum der Dicke, zu welcher die Zellen gebracht werden können, erreicht. Hier trat die Theilung relativ sehr schnell ein, denn man sah bei vielen Exemplaren, dass noch, während die Zellen nach der ersten Theilung durch Gallerte verbunden waren, schon eine neue Zellwand und zwar in einer Richtung, welche auf der zuerst genommenen senkrecht stand, aufgetreten war. Es war also ein langsames Wachsthum und eine rasch erfolgende Theilung ersichtlich (vgl. T. II, Fig. 10).

Auf eine andere Erscheinung, die schon in Cultur 6, mehr aber noch in den daraus abgeleiteten Culturen 8 und 11 auftrat, muss hier hingewiesen werden. Diese bestand in einer besonderen Verquellungsform der Gallerte. Letztere war öfter nicht am ganzen Umfange der Zelle eine gleichmässige, sondern zuweilen fanden sich nur stellenweise dicke Wülste von Gallerte, die so mächtig werden konnten, dass sie den halben Durchmesser der Zelle erreichten.

Die Culturen mit 8 % Salz zeigten ein neues Bild, welches sich aber aus der in 5 und 6 % eingetretenen Theilungsveränderung ergab. Sowie die Zellen nämlich diejenige Dicke angenommen hatten, welche für die betreffende Salzconcentration erreichbar war, trat Theilung auf, und es entstanden vier Tochterzellen, die wieder Anordnung zu Tetraden zeigten. Die einzelnen Zellen hatten ungefähr diejenige Grösse, welche bei 3 und 4 % Chlornatrium gewöhnlich war (vgl. T. II, Fig. 11a).

Ein von diesem wenig abweichendes Verhalten zeigten die Algen auch in 11 procentiger Salzlösung, in der aber die grössten Zellen einen Durchmesser bis zu 15 μ erreicht hatten. Neben den dicken Einzelzellen fanden sich wieder Tetraden und andere Anordnungen. Die Tetradenzellen erreichten hier diejenige Dicke, welche sie früher in etwa 5proc. Chlornatriumlösung gezeigt hatten. An manchen derselben hingen noch lange, unregelmässig geformte Membranstückchen, die bei der schnellen Theilung der Zellen abgesprengt sein mussten (vgl. T. II, Fig. 11b).

Durch das fortwährende Theilen der ursprünglichen Cultur zur Herstellung der stärkeren Concentrationen, wobei ja doch auch immer zum Vergleich ein Theil der Tetraspora in jeder der oben erwähnten Lösungen weitercultivirt werden musste, war das verfügbare Material

zuletzt so sehr vermindert worden, dass, bevor neue Culturen mit noch stärkeren Salzlösungen hergestellt werden konnten, eine Pause eintreten musste, während welcher die Alge sich wieder genügend vermehren könnte. Auch während dieses Zeitraumes wurde die Cultur 11 häufig untersucht, so dass jede Veränderung erkannt werden musste.

Nachdem anfangs das Aussehen der Alge sich nicht verändert hatte, machte sich nach etwa $1^{1}/_{2}$ Monaten eine körnige Struktur des Zellinhaltes — derselbe zeigte starke Stärkereaction — bemerklich. Nun wurde die Cultur wieder getheilt: während der eine Theil in 11 procentiger Lösung verblieb, wurde eine andere Partie in 13 procentige übertragen und der Rest ohne Kochsalz cultivirt.

Wiederum nach einiger Zeit begann im Innern der Zelle ein Theilungsprocess, welcher sich durch eine Zerklüftung des Inhaltes bemerkbar machte. Die Zahl der Theilstücke war eine ungleiche. Oefter befanden sich vier Tochterzellen in einer Membran in tetraedrischer Anordnung, jedoch kam es auch vor, dass die Theilung noch weiter vorgeschritten war und die gebildeten Tochterzellen weitere Theilungsstadien aufwiesen. Diese Vorgänge leiteten die sexuelle Fortpflanzung ein, und in der That wurden nach zwei Tagen in der Cultur Schwärmer bemerkt. Das Auftreten letzterer, wie das Aussehen der Culturen 11 und 13 war ganz das nämliche. Die Schwärmer waren etwa 3 μ breit und 5 μ lang und besassen zwei Cilien. Ueber die Bewegungsgeschwindigkeit der Schwärmer, welche im Gegensatz zu derjenigen, welche man sonst bei den Algen zu sehen gewohnt ist, eine sehr verlangsamte war, soll weiter unten ausführlicher die Rede sein. Es wurde oft beobachtet, wie die jungen Schwärmer aus der Membran hervortraten und diese als eine gestaltlose Gallertmasse zurückliessen. Die Gameten bewegten sich hierauf eine Zeit lang hin und her, um sich schliesslich mit einander zu copuliren. Die Vorgänge dabei wichen durchaus nicht von denen ab, die Tetraspora zeigt, welche in gewöhnlichem Wasser wächst (vgl. T. II, Fig. 12).

Wie erwähnt, war aus der Cultur 11, in welcher der Zellinhalt (durch vermehrte Stärkebildung) eine körnige Beschaffenheit angenommen hatte, eine solche in kochsalzfreiem Wasser abgeleitet worden. Hier dauerte es weit kürzere Zeit als in der Salzcultur, bis die Schwärmer zur Entwickelung kamen. Die Zeitdifferenz war derartig, dass die Schwärmer in dem salzfreien Wasser etwa 20 — 24 Tage eher ausschwärmten als die in der Salzlösung cultivirten. Dabei war es höchst auffällig, wie ungemein schnell die Grösse der Zellen von dem erlangten Maximum wieder zu der ursprünglichen Grösse zurück-

kehrte, ja sogar theilweise zunächst noch unter derselben zurückblieb. Zwischen den neu gebildeten, sich rapide vermehrenden Zellen lagen in Menge die abgestorbenen Reste derjenigen Membranen, welche durch Salz so mächtig angeschwollen waren. Die Schwärmer bewegten sich schnell durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes und hatten eine der nunmehrigen Kleinheit der Zellen entsprechende Grösse.

Die Tetradenform, welche bei den Culturen in Salzlösung mehr oder minder verloren gegangen war, so dass die von einander getrennten Zellen unregelmässig neben einander lagen, kehrte, wenn die Algen aus der Chlornatriumlösung in Wasser zurückgebracht wurden, nicht sofort wieder. Es liess sich zwar noch immer bei einigen Gruppen erkennen, dass sie aus gemeinschaftlicher Mutterzelle herstammten, da sie zu zwei und vier genähert waren, aber im Vergleich zu den von vornherein ohne Salz cultivirten Algen war diese Gruppirung doch ziemlich selten (vgl. T. II, Fig. 13)

Die Schwärmerbildung in der Cultur 13 dauerte sehr lange Zeit hindurch und setzte sich auch dann fort, als die Cultur noch um 2 % verstärkt wurde. Selbst nachdem ein Theil der Algen aus der Cultur 15 in 20procentige und von da in 25procentige Salzlösung übertragen wurde, fanden sich noch immer (allerdings neben zahlreichen abgestorbenen) viele lebhaft grün gefärbte Zellen und auch Zoosporen in lebendem Zustande.

Die bis zu 20 % auftretenden Veränderungen der Grösse und des Zellinhalts war ensehr geringfügig; Tetraden fanden sich nur spärlich, und der Inhalt sämmtlicher Zellen war noch immer durch darin enthaltene Stärke körnig. Die Gallertschichten aber, welche die Colonien umgaben, waren schwächer geworden und machten den Eindruck, als ob sie durch zu reichliche Wasseraufnahme im Zerfliessen begriffen seien. Die Farbe der Zelle war 10m.

In der Cultur 25 trat hierauf am frühesten Absterben ein; zuerst verschwanden die Schwärmer und nach einem Monat starb die Cultur rasch ab, ohne Zweifel eine Folge des zu raschen Sprunges in der Concentration der Salzlösung. Nach $1^1/_2$ Monaten waren nur noch vereinzelte Zellen am Leben, so dass die Cultur aufgegeben werden musste.

Schon etwas günstiger lagen die Verhältnisse in der Cultur 20, in welcher das Absterben einige Wochen später und weniger intensiv eintrat.

Um nun festzustellen, wo die Grenze der Kochsalzconcentration für die Tetraspora überhaupt liegt, wurden aus der Cultur 15 die

fehlenden Glieder bis 20% allmählich angesetzt. Da auch Cultur 17 und 18 noch häufig absterbende Zellen zeigten und erst bei 16% Chlornatrium wieder allgemein eine lebhafter grüne Farbe auftrat und keine abgestorbenen Zellen mehr gefunden wurden, so darf als wahrscheinlich angenommen werden, dass die Tetraspora in 16% noch zu vegetiren vermag. Es erscheint sogar die Annahme gerechtfertigt, dass diese Alge, falls man ihr eine genügende Zeit zur Anpassung gewährte, auch noch in stärkeren Salzlösungen gedeihen könnte. Zu diesem Zwecke wäre es aber nothwendig, die Tetraspora vielleicht in einer 16 procentigen Salzlösung während eines längeren Zeitraumes (ein bis mehrere Jahre) zu cultiviren, so das sie sich vollkommen dieser Salzmenge und den Bedingungen, wie sie bei einer Cultur im Zimmer geboten werden, anpassen könnte; darauf erst dürften höhere Salzconcentrationen ebenfalls vertragen werden.

Ein Rückblick auf die beschriebenen Culturen von Tetraspora zeigt im Wesentlichen folgendes Ergebniss: Das Salzquantum darf anfangs nur allmählich vermehrt werden; erst später, wenn sich die Alge an geringere Mengen von Chlornatrium gewöhnt hat, verträgt sie auch einen Sprung über mehrere Procente.

Es tritt Vergrösserung der Zellen ein, soweit überhaupt die Anpassung in relativ kurzer Zeit geschehen kann.

In den geringeren Salzconcentrationen treten die Grössenunterschiede mehr hervor, in den stärkeren Lösungen weniger.

Um jede einzelne Zelle bildet sich eine besondere Gallerthülle, welche durch Verquellen der äusseren Membran entsteht.

Die Tetradenform verschwindet theilweise bei Zunahme der Salzprocente und erscheint bei Abnahme derselben nicht sofort wieder.

Die Theilungsweise der Zellen ändert sich bei mittlerer und höherer Concentration, so dass die gebildeten Tochterzellen sehr verschieden an Grösse sind.

Die Bewegung der Zoosporen ist eine langsamere als in kochsalzfreiem Wasser.

Auch das Wachsthum ist langsamer, die Theilung tritt hingegen schneller ein.

Werden grosse Zellen, die an Salzlösungen angepasst waren, wieder in gewöhnlichem Wasser cultivirt, so entstehen schnell wieder kleinere (anfangs nicht häufig), tetraedrisch geordnete Zellen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass das, was im Obigen über eine Reihe von Culturen gesagt wurde, auch bei einer anderen Culturreihe derselben Alge in völlig gleicher Weise sich wiederholte. Diese zweite

Serie wurde aus Material hergestellt, welches dem oben erwähnten Graben mit 0,5 % kochsalzhaltigem Wasser entnommen war. Im Zusammenhange damit, also mit der hier schon bestehenden Anpassung an eine gewisse (wenn auch geringe) Salzmenge, vertrug diese Cultur bedeutend raschere Sprünge zu höheren Salzprocenten und hielt es u. a. aus, dass sie direct aus der Natur in 10 procentige Kochsalzlösung gebracht wurde: hier kränkelte sie zwar anfangs längere Zeit, erholte sich dann aber und zeigte nun kein abweichendes Verhalten oder auch nur schlechteres Gedeihen den entsprechenden Culturen der ersten Versuchsreihe gegenüber.

Bewegungsschnelligkeit der Tetrasporaschwärmer in conc. Salzlösungen.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits erwähnt, dass die Schwämer von Tetraspora explanata sich bei Anwesenheit von mehreren Procenten Chlornatrium in der Culturflüssigkeit weit langsamer fortbewegen als in reinem Wasser. Im Folgenden soll hierüber Näheres mitgetheilt werden.

Das Material, welches zu diesen Versuchen diente, hatte sich in dem schon mehrfach erwähnten 0,5 % Salz enthaltenden Graben gefunden. Die Tetraspora war nach ziemlich schneller Steigerung (5 %, 10 %) endlich in 11 procentigem Chlornatrium cultivirt worden und bildete in dieser Flüssigkeit (zu Anfang December 1890) zahlreiche Gameten.

Bei Beobachtung derselben fiel es auf, dass sie sich nur äusserst langsam fortbewegten, meist sogar in zitternder Bewegung annähernd auf demselben Platze verharrten. Als dann einmal zu einem auf dem Objectträger befindlichen Präparat von Tetrasporaschwärmern in 11procentiger Salzlösung, um das Austrocknen der Flüssigkeit während einer mehrstündigen Unterbrechung der Beobachtung zu verhüten, einige Tropfen destillirtes Wasser zugegeben waren, wurde nach dieser Zeit bemerkt, dass die Schwärmer sich jetzt in lebhafter Bewegung befanden. Da nun bezüglich der Ursache dieses Verhaltens verschiedene Möglichkeiten vorlagen (Temperatur, Lichteinfluss, Wasserzusatz), so wurden einige Versuche in diesen Richtungen angestellt.

Mehrere Culturgläser, welche Tetraspora in 11 procentiger Chlornatriumlösung enthielten und die bis dahin vor einem Südfenster bei einer Temperatur von 8 ° R. gestanden hatten, wurden vor einem Nordfenster desselben Raumes an dem Mikroskopirplatz bei einer Tem-

peratur von 15° R. aufgestellt. Die in den Gläsern enthaltenen Schwärmer zeigten nach $1^1/_2$, auch nach drei Stunden immer noch dieselbe langsame Bewegung, welche zuerst beobachtet worden war. Hierauf wurden den verschiedenen Culturgläsern eine gewisse Menge der Algen entnommen und diese nach oberflächlichem Abtrocknen zwischen reinem Filtrirpapier in reines Wasser gebracht, dem nur die nöthige Menge Nährlösung (wie sie ja die Culturflüssigkeiten stets enthielten) zugesezt war. In diesen fast kochsalzfreien Culturen war ebenfalls nach $1^1/_2$ Stunden keine Veränderung in Bezug auf die Bewegungsschnelligkeit der Schwärmer zu bemerken, aber nach wieder $1^1/_2$ Stunden wurden die Schwärmer jetzt in lebhafter Bewegung angetroffen. Mit Hilfe eines Metronoms, welches die Secunden angab, wurde festgestellt, dass die Zoosporen, mit nur geringen Ausnahmen, alle die gleiche Schnelligkeit besassen. Sie durchschwärmten ein 660 μ messendes Gesichtsfeld bei einer Vergrösserung von 230 : 1 in 8 bis 10 Secunden. Dabei muss noch bemerkt werden, dass, da die Schwärmer ja nicht immer gerade Bahnen zurücklegten, aus einer gemessenen geradlinigen Bahn die Schnelligkeit der Bewegung für das Gesichtsfeld berechnet werden musste. Einige wenige Zoosporen gebrauchten zum Durchkreuzen des Gesichtsfeldes 12 Secunden, einer derselben (unter 18 beobachteten) jedoch nur sechs Secunden. Ein Theil der Schwärmer bewegte sich nur unmerklich vom Platze, befand sich aber dafür in steter Umdrehung um die eigene Achse. Die Schnelligkeit der Drehung um sich selbst fand in einem so beschleunigten Tempo statt, dass in 30—40 Secunden 60 Umdrehungen gemacht wurden.

Was die Gestalt der Schwärmer anbetrifft, so unterschieden sich diese nicht von denen, die in 11 procentiger Salzlösung geblieben waren. Die beiden Cilien wurden nur nach Behandlung mit Jod-Jodkali sichtbar. Die Gameten traten bald theilweise in Copulation.

Im Gegensatz zu dem oben angegebenen Tempo der Bewegung von Schwärmern im salzarmen Wasser, konnte von einer Ortsveränderung derselben in 11 procentiger Lösung noch immer nichts bemerkt werden. Die Beobachtung dieser Schwärmer fand annähernd zu der nämlichen Zeit statt; die äusseren Bedingungen waren ganz dieselben, sowohl die Temperatur wie der Lichteinfluss der gleiche, und konnte also hier nur die starke Concentration der Salzlösung die Veranlassung zu ihrem Verhalten sein.

Während einer längeren Beobachtung gelang es nur in ganz vereinzelten Fällen, Schwärmer in wirklich fortschreitender Bewegung

zu sehen. Dann aber erfolgte dieselbe 9—10 Mal langsamer als bei denjenigen Schwärmern, deren Bewegungsschnelligkeit oben angegeben ist; dabei fiel auf, dass sie sich bald auf diese, bald auf jene Seite zu legen, also hin und her zu schwanken schienen, und dass sie sich ausserdem noch in stark zitternder Bewegung befanden. Letztere war auch den Schwärmern eigen, die auf ihrem Platze haften blieben; sie machten dadurch den Eindruck, als ob sie am Objectträger oder Deckgläschen festgeklebt seien und sich bemühten, durch Hin- und Herbiegen frei zu werden.

Das verschiedene Verhalten der Schwärmer in Salzlösung und in fast salzfreiem Wasser lässt sich wohl auf folgende Weise aus den physikalischen Eigenschaften der Culturflüssigkeiten verstehen.

Es ist bekannt, dass das Wasser des todten Meeres dem Rudern und Schwimmen grösseren Widerstand entgegensetzt, als anderes Meerwasser; dieses beruht auf dem enormen Salzgehalt (25—30 %) desselben. Wie also jemand, der sich dort, sei es schwimmend, sei es im Boot rudernd, fortbewegen wollte, eine grosse Kraftanstrengung anwenden müsste und dennoch nur relativ langsam von der Stelle käme, so könnte es sich auch hier mit den Schwärmern von Tetraspora verhalten. Sie sind zwar im Besitze von Cilien zur Fortbewegung, und diese functioniren auch richtig und sind nicht etwa thatlos, denn davon zeugt die zitternde Unruhe einiger und die langsame Bewegung einiger anderer Schwärmer, trotz des starken Salzgehaltes der Lösungen. Aber der Widerstand der Salzlösung ist für die Alge zu gross, als dass er jedesmal von den Schwärmern in normaler Weise überwunden werden könnte. Es ist demnach eher wahrscheinlich, dass die langsame Fortbewegung der Schwärmer lediglich eine passive ist, welche auf der Anwesenheit von Strömungen in der Flüssigkeit beruht. Die Wirkung, welche hier durch die Salzlösung hervorgerufen wird, könnte auch in anderen etwas dicklichen Flüssigkeiten entstehen; auch hier würde wahrscheinlich dieselbe Erscheinung eintreten, dass die Cilien sich vergebens bemühen, den Körper der Zoospore von der Stelle zu schaffen.

Nimmt man die hohe Concentration der Salzlösung als Grund für die Langsamkeit der Bewegung der Schwärmer an, so liegt die Erklärung dafür, wesshalb sich dieselben mit gewöhnlicher Schnelligkeit im salzarmen Wasser zu bewegen vermögen, auf der Hand. Hier ist der Widerstand, den die Flüssigkeit bietet, nur gering, so dass die Grenzen des Normalen kaum überschritten sind und die gewöhnliche Intensität der Bewegung eintritt.

Eine andere Erklärung, die vielleicht noch mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, würde etwas tiefer liegen; sie basirt auf der im vorhergehenden Abschnitt erwähnten, auffälligen Erscheinung, dass, infolge der Salzeinwirkung, langsameres Wachsthum eintritt. Es wurde ferner oben darauf hingewiesen, dass sowohl die vegetative Vermehrung verlangsamt wird, wie auch, dass die sexuelle Fortpflanzung in denjenigen Culturen, die kein Salz enthalten, erheblich früher eingetreten sei, als in solchen, denen Salz zugesetzt war. Tritt aber bei allen diesen Vorgängen eine so auffällige Verlangsamung ein, so liegt es nicht fern, auch für alle übrigen Functionen eine Verlangsamung anzunehmen, darunter für die Intensität der Fortbewegung der Schwärmzellen.

Was dann andererseits wieder das Eintreten der ursprünglichen Schnelligkeit der Schwärmer nach Entfernung des Salzes betrifft, so darf auf Folgendes hingewiesen werden. Da die Zellen der Tetraspora sich beim Aufenthalt in Salzlösungen vergrössern, so ist wohl anzunehmen, dass die Lösung durch ihre Membran hindurch diffundirt. Auch in den Schwärmern wird etwas Salz enthalten sein, welches nach Uebertragung der Algen in salzfreies Wasser, wieder in die umgebende Flüssigkeit austritt, so dass die Schwärmer sich nun unter annähernd normalen Verhältnissen befinden und damit auch wieder die normale Geschwindigkeit annehmen.

Tropfenculturen mit Tetraspora.

Früher schon ist darauf hingewiesen worden, dass das Wachsthum und die Theilung der Zellen von Tetraspora bei Cultur in concentrirten Kochsalzlösungen so sehr verlangsamt wird, dass man nur schwierig die genannten Vorgänge zu verfolgen vermag. Es hat aber unzweifelhaft Interesse zu erfahren, in welcher Weise die Vermehrungsschnelligkeit durch Salzlösungen beeinflusst wird. Letzteres konnte nur an Einzelculturen festgestellt werden, in welchen die Zellen leichter zu controliren sind, als in massenhaften Anhäufungen, wo die Zellen sich gegenseitig verdecken und verschieben. Diese Einzelculturen wurden in hängenden Tropfen angestellt und zwar zunächst in folgender Weise. Es wurden Glasringe von 1 cm Durchmesser und 3 mm Höhe auf je einen Objectträger vermittelst Canadabalsam aufgekittet und der so gebildete Hohlraum mit einem Deckgläschen bedeckt, an dessen Unterseite sich ein kleiner Tropfen von Culturflüssigkeit mit der Alge befand. Zu diesem Versuche diente eine an 8 % Chlornatrium ange-

passte Tetraspora. Aber eine Reihe von Tropfenculturen ging schon nach 2—3 Wochen zu Grunde, ohne sich vermehrt zu haben, ein Ergebnis, welches wohl auf der Mangelhaftigkeit des Gasaustausches in der abgeschlossenen Culturkammer beruht. Da also auf diese Weise das gewünschte Resultat nicht erzielt worden war, wurden hierauf andere Objectträger benutzt, die auf ihrer Oberseite mattgeschliffen waren und je drei mässig tiefe Höhlungen besassen. Diese Objectträger wurden in flachen bedeckten Glasschalen, auf einem niedrigen Glasgestell liegend, aufbewahrt; der Boden dieser Glasschachteln war stets mit mehreren Lagen feuchten Filtrirpapieres bedeckt.

Um nun auf bequeme Weise zu Einzelculturen der Tetraspora zu gelangen, verfuhr ich auf folgende Weise.

Eine geringe Menge der Alge wurde mit der betreffenden Salzlösung, in der sie cultivirt werden sollte, in einem Reagenzröhrchen so lange kräftig geschüttelt, bis die Zellen sich möglichst von einander getrennt hatten. Hierauf wurde mit einer sehr feinen gläsernen Capillarpipette, die mit einer Marke versehen war, ein kleiner Tropfen aus dieser Algenvertheilung entnommen und unter dem Mikroskop durchsucht. Fanden sich in derartigen Proben mehrere oder viele Zellen, so war es nöthig, die Flüssigkeit im Reagircylinder noch mehr zu verdünnen, bis die gewünschte, geringe Anzahl von Zellen in der bis zur Marke gefüllten Pipette vorhanden war.

In der so vorhandenen Flüssigkeit waren nun die Tetrasporazellen ziemlich gleichmässig suspendirt. Es wurden dann von derselben kleine, gleiche Mengen in je eine Höhlung des Objectträgers gebracht und auf diese Weise 18 Culturen angesetzt. Die Alge war, wie gesagt, aus 8 procentiger Chlornatriumlösung entnommen, an welche sie sich schon etwa vier Wochen angepasst hatte. Die 8 procentige Cultur war aus einer allmählich bis sechs und darauf bis acht gesteigerten hervorgegangen.

Um nun die Vermehrung resp. Veränderungen der einzelnen Culturen genau verfolgen zu können und doch beim Durchmustern derselben nicht zu viel Zeit zu verlieren, wurde jede Cultur mit Hilfe des Prismas gezeichnet, so dass in denjenigen Fällen, wo mehr als eine Zelle sich im Tropfen befand, auch die gegenseitige Lage der Zellen angegeben wurde. Hierbei sowie beim späteren Durchsuchen der Culturen war Eile geboten, denn einmal waren die Tropfen, um das Wiederfinden der Zellen zu erleichtern, sehr klein genommen, und dann war die Gefahr des Eintrocknens und der damit verbundenen grösseren Concentration der Salzlösung ziemlich gross.

Unter den 18 angesetzten Tropfenculturen befanden sich vier, in denen nur eine Zelle vorhanden war; sieben mit zwei Zellen; eine mit drei Zellen; vier mit vier Zellen; eine mit sieben und schliesslich eine mit neun Zellen. Aber nur sieben Culturen von diesen blieben am Leben, während die anderen entweder durch reichliche Mengen von Spaltpilzen unterdrückt wurden oder sonst aus unbekannten Gründen nicht wuchsen und schliesslich abstarben.

Die Untersuchung der sieben Culturen, welche stets unter den nöthigen Vorsichtsmaassregeln ausgeführt wurde, ergab folgende Resultate, welche der besseren Uebersicht wegen, in einer Tabelle zusammengestellt sind:

Zahl der Tage	Anzahl der Zellen in Cultur						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	1	1	2	2	3	4	9
20	4	6	6	8	8	12	18
73	22	40	38	50	60	90	über 150

Es ist ersichtlich, dafs die Vermehrung der Zellen in der ersten Zeit sehr ungleichmässig vor sich ging. Einige Culturen hatten ihre Zellenzahl in den 20 Tagen nur verdoppelt, andere verdrei- oder vervierfacht, eine sogar versechsfacht. Es darf angenommen werden, dass die aus der grossen Menge isolirten Tetrasporazellen sich erst wieder an die neuen Vegetationsbedingungen, wie sie ihnen bei der Cultur in kleinen Tröpfchen geboten wurde, gewöhnen musste, denn es liegt unter anderen eine nicht geringe Verschiedenheit der Massencultur gegenüber darin, dass in den kleinen Tröpfchen mehr Luft mit der Flüssigkeit in Berührung kommt und infolge dessen eine grössere Kohlensäure- und Sauerstoffmenge den Algen zugeführt wird, und dieser Veränderung der Lebensbedingungen mögen die einzelnen Zellen in verschieden langer Zeit sich fügen.

Nachdem aber einige Zeit, hier 20 Tage, verstrichen waren, trat eine grössere Gleichmässigkeit in Betreff der Vermehrung in der Weise ein, dass sich die Zahl der Zellen in dem nachfolgenden Zeitabschnitt von 53 Tagen meist um das $5^1/_2$- bis $7^1/_2$fache vergrösserte.

Dabei ist noch etwas anderes bemerkenswert. Während nämlich in denjenigen Culturen, wo nur eine Zelle im Tropfen sich befand, die Vermehrung eine $5^1/_2$fache, dort, wo zwei Zellen ausgesät waren,

die Zunahme eine ca. $6^1/_2$fache, bei der Aussaat von drei und vier Zellen in den Tropfen die Vermehrung eine $7^1/_2$fache war, betrug der Zuwachs in der mit neun Zellen beschickten Cultur das 8—9fache.

Es scheint darnach wirklich, als ob die in der Einleitung dieser Arbeit ausgesprochene Vermuthung, dass die Algen in Gesellschaft besser wachsen, wie in einzelnen Exemplaren, sich bewahrheitete. Es war nun weiter von grossem Interesse zu sehen, wie die Vermehrungsschnelligkeit in Culturen, die mehr als 8 % Salz enthalten, sich verhält.

Demzufolge wurden eine grössere Anzahl Tetrasporaculturen mit 11 % Chlornatriumgehalt auf gleiche Weise, wie die oben beschriebenen, angesetzt. Aber nur in zwei Culturen, deren eine zwei, die andere vier Zellen enthalten hatte, konnte nach Verlauf von $1^1/_4$ Monaten eine Verdoppelung der Zellen constatirt werden. Weiteres Wachsthum erfolgte dann nicht und die Culturen gingen nach Ueberhandnahme der Bacterien zu Grunde. Es geht aber wohl daraus hervor, dass, je stärker die Lösung wird, das Wachsthum der Tetraspora sich um so mehr verlangsamt.

Zur Controle wurden auch Einzelculturen der Tetraspora in salzfreiem Wasser angesetzt. Es wurde hierzu die Alge verwendet, welche bereits mehrere Monate in 11procentiger Chlornatriumlösung gewesen war. Nachdem ein Theil der 11procentigen Cultur durch Filtration und nachheriges Auswaschen mit destillirtem Wasser von der anhängenden Salzlösung thunlichst befreit worden war, wurden nach der oben angegebenen Methode 12 Culturen dieser Tetraspora in Wasser mit verschiedener Anzahl Zellen angefertigt.

Von diesen 12 Culturen gingen nur drei verloren, die übrigen vermehrten sich derartig rasch, dass es nur in den ersten acht Tagen noch möglich war, die Zahl der Zellen annähernd festzustellen, während späterhin sich die Zellen zu sehr anhäuften. In einigen Culturen ergab sich die Wachsthumsgeschwindigkeit, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich:

Zahl der Tage	Anzahl der Zellen in Cultur					
	I	II	III	IV	V	VI
1	1	2	4	6	7	7
4	28	50	ca. 100	50	120	150
8	180—200	ca. 90—100[1]	ca. 200	über 400	über 400	170—200

1) aber viele in Theilung begriffen.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Vermehrung zwar in ungleich schnellerer Weise erfolgt, wie bei den Culturen in Salzlösung, aber sie findet auch sehr unregelmässig statt, so dass sich durchaus keine Uebereinstimmung in den erhaltenen Zahlen zeigt.

Der Grund dafür, dass in einigen Culturen, die sich anfangs schnell vermehrt hatten, alsbald nahezu Wachsthumsstillstand eintrat, mag darin liegen, dass hier nach einiger Zeit die Spaltpilze überhand nahmen und dann zuweilen die Algen entweder ganz zu Grunde richteten oder doch sehr beeinträchtigten.

Stichococcus.

Wie oben (Seite 31) ausgeführt, wurde ein Theil des Algengemenges, welches aus dem Teiche auf dem „Kleinen Hagen“ bei Göttingen stammte, in 4 procentige Chlornatriumlösung gebracht; doch starb diese Cultur alsbald anscheinend völlig ab, so dass schon nach 20 Tagen keine lebendige Zelle mehr in der Flüssigkeit bemerkt wurde. Auch später, während ca. acht Monaten, konnten bei öfter vorgenommener mikroskopischer Untersuchung keine lebenden Algen aufgefunden werden. Dann aber erschienen (im Februar 1891) plötzlich an der Oberfläche der Flüssigkeit, und zwar an der dem Licht zugekehrten Seite des Glases, grüne, in lebhafter Vegetation befindliche Algen. Dieselben fanden sich indessen nicht in allen mit derselben Salzlösung versehenen Gläsern, deren vier vorhanden waren, sondern nur in zwei derselben, und zwar hatten sie in beiden Fällen die dem Licht zugekehrte Oberfläche der Cultur zum Aufenthaltsorte gewählt. Die Zellen waren etwa 3—4 μ dick und 15—20 μ lang, mondförmig gekrümmt, an den Enden stumpf oder zu mehreren fadenförmig zusammenhängend. Am häufigsten fanden sich vier Zellen in quadratischer Anordnung. Sie waren mit dünner Membran versehen, hatten einen lebhaft grünen Inhalt (Farbe 11r), der zuweilen körnig erschien. An den Enden der Zellen war meist ein hellerer Oelfleck (Reaction auf Osmiumsäure) oder auch deren mehrere kleine vorhanden (vgl. T. I, F. 8, 4 %). Wo sich zwei Zellen in Theilung befanden, trat die neue Wand in senkrechter Richtung zur Längsachse auf. Der Beschreibung nach, welche sich in der Kryptogamenflora, bearbeitet von Kirchner, fand, war die Alge Rhaphidium convolutum minutum Rabh. Andere Algen fanden sich in der Cultur nicht lebend vor, so dass also eine Reincultur vorlag.

Zunächst entstand nun die Frage, ob die Alge die ihr im Augenblick zukommende Grösse und Gestalt immer besitzt oder nicht. Durch

ihre Eigenschaft, an der dem Lichteinfall zugewendeten Seite der Cultur sich anzuhäufen, erleichterte sie die Arbeit in hohem Grade. (Es darf kaum hervorgehoben werden, dass bei allen folgenden Untersuchungen die Zellen und ihre Verbände mittelst des Prismas bei 750facher Vergrösserung sorfältig gezeichnet wurden.)

Eine Durchsuchung der 2- und 3procentigen Culturen zeigte, dass die Alge hier ebenfalls vorhanden war und auch die dem Fenster zugekehrte Seite einnahm, ja in der Cultur 3 sogar in gleicher Weise, wie in der 4procentigen Lösung, eine Reincultur bildete. Hier aber fiel ein nicht unerheblicher Grössenunterschied auf (vgl. F. 8, 3 %).

Die Zellen aus der Cultur 2 hatten nur wenig über die Hälfte der Länge der in Cultur 4 befindlichen. Ausserdem trat in der 3procentigen Lösung noch ein anderer Unterschied hervor. Während die meist zu vier zusammenhängenden Zellen früher, wie erwähnt, sich oft ringförmig gelagert und dadurch geschlossene Kreise gebildet hatten, so waren diese Kreise jetzt in vielen Fällen unvollständig also geöffnet und gestreckt, so dass auch Halbkreise nicht selten waren.

In dem Rhaphidium aus Cultur 2 waren die Krümmungen noch geringer und es fiel auch auf, dass die Zellen viel weniger oft wie früher im Zusammenhange standen, vielmehr einzeln oder zu zweien bis verschieden vielen neben einander lagen. Mit dem Verschwinden der kreisförmigen Lagerung bei geringerem Salzgehalt war in gleichem Schritt eine Verringerung der Krümmung der Zellen selbst eingetreten, so dass diese bei 2 % Salz zuweilen nur noch unmerklich gebogen erschienen (vgl. F. 8, 2 %).

Noch mehr verschwand die für Rhaphidium convolutum charakteristische Form in der Lösung von 1 % Chlornatrium, bis bei 0 % nur vollkommen gerade Zellen von noch geringerer Grösse (1 — 2 μ dick, 2 — 4 Mal so lang) vorkamen. Derartige Zellen waren schon beim Ansetzen der Culturen im Juni 1890 gezeichnet und in Dauerpräparaten als Stichococcus aufgehoben worden. Bei näherer Untersuchung fanden sich jetzt auch (allerdings nicht geschichtete) Schleimhüllen; geschichtete Gallerthüllen aber unterscheiden die Gattung Dactylothece von Stichococcus,[1]) so dass hier eine Zwischenstufe beider Gattungen vorlag (vgl. F. 8, 1 % u. 0 %a).

1) Wille in „Engler und Prantl“ gibt folgende Beschreibung: „Dactylothece Lagerh. Die Zellen sind cylindrisch oder länglich, haben abgerundete Ecken, sind gerade oder schwach gebogen und liegen einzeln bis zu vier in einer Reihe, die oft von einer geschichteten Schleimhülle umgeben ist. Sie enthalten ein einseitig wandständiges Chromatophor, welches ein Pyrenoid und eine Vacuole enthält. Die Thei-

Um nun die weitere Frage zu entscheiden, wie sich der in 4 procentiger Kochsalzlösung in veränderter Gestalt als Reincultur gefundene Stichococcus verhalten würde, wenn er aus der 4 procentigen Lösung direct wieder in reines Wasser geriethe, wurde ein Theil der Cultur in Wasser, dem nur Nährlösung zugefügt war, übertragen. Schon nach Verlauf von wenigen Tagen lösten sich die bis dahin so oft zu Reihen verbundenen Zellen von einander und veränderten auch ihre Gestalt. Nach Verlauf eines Monats fanden sich nur noch gerade, niemals mehr gebogene Zellen. Während sie früher in der 4 procentigen Cultur etwa fünf Mal so lang als dick gewesen waren, gab es jetzt nur solche, die noch ein Mal so lang oder wenig länger als breit waren. Vom Ende gesehen erschienen die Zellen rund; demnach waren sie runde, kurze Stäbchen geworden, die gänzlich den in der Natur gefundenen Stichococcus glichen, nur noch nicht wieder die ursprüngliche Dicke angenommen, sondern vielmehr die viel dickere Gestalt und Rhaphidiumform beibehalten hatten. In einigen Zellen war ein Zellkern deutlich zu erkennen; viele Zellen befanden sich in Theilung, welche durch senkrecht sich ansetzende Querwände erfolgte.

Selbst nach Verlauf von mehreren Monaten war die Grösse des aus 4 procentiger Chlornatriumlösung in reines Wasser zurückcultivirten Stichococcus noch nicht zu der ursprünglichen zurückgekehrt, sondern ziemlich unverändert geblieben. Die Cultur zeigte dabei ein frisches, kräftig grünes Aussehen; es fiel darin auf, dass die Zellen ihre Gallertschicht abgestossen haben mussten, denn es fanden sich reichliche Mengen von Gallertstückchen, welche frei in der Flüssigkeit schwammen (vgl. F. 8, 0%b).

Eine ähnliche Erscheinung war auch bei Tetraspora zu bemerken gewesen, als die Zellen aus starker Salzlösung in reines Wasser zurück cultivirt wurden.

Um nun zu constatiren, ob die aus Stichococcus durch Fütterung mit Chlornatrium entstandene, an Rhaphidium erinnernde Alge bei höherem Salzgehalt noch andere Veränderungen zeigen würde, wurde ein Theil der in 4 procentiger Salzlösung cultivirten Alge in eine 6 procentige und später aus dieser in eine 8 procentige Lösung gebracht. Selbst der Sprung von 4% direct auf 8% wurde so gut vertragen, dass sich die sonst bei sprungweiser Verstärkung der Salzlösungen oft auftretenden Krankheitserscheinungen nicht einmal spurenweise zeigten.

---

lungen finden nur in einer Richtung statt. — Stichococcus Naeg. weicht von obiger hauptsächlich durch den Mangel einer Gallerthülle ab."

Die in der Cultur 8 entstandenen Zellen übertrafen die der Cultur 4 fast um das Doppelte; sie zeigten einen körnigen Inhalt, in welchem das Chlorophyll zuweilen so vertheilt war, dass es nur eine Seite der Zelle einnahm, während die andere Seite farblos war; ausserdem hatten sie hie und da zwei oder mehrere Oeltröpfchen. Es schien als ob die Zellen sich noch häufiger in einer kreisförmigen Anordnung (zu vier) befanden, als bei schwächeren Concentrationen. Die bei Theilung der Zellen auftretende Scheidewand befand sich da, wo der stärkste Bogen war (vgl. Fig. 8, 8 %).

Von der an 8 % Chlornatrium angepassten Rhaphidiumform wurde ein Theil in 13 procentige Lösung gebracht, und wurde auch dieser grosse Sprung noch gut vertragen. Die Zellen behielten nun aber dieselbe Dicke, welche sie schon in Cultur 8 erreicht hatten, bei. Auch bezüglich der Krümmung blieb es bei dem erreichten Zustande; die Länge der Zellen hatte aber hin und wieder abgenommen oder, mit anderen Worten, sie hatten sich schneller getheilt. Mithin trat auch hier bei Rhaphidium dieselbe Eigenthümlichkeit auf, wie sie schon an Tetraspora und anderen Algen nach Salzwirkung beobachtet war, nämlich, dass durch Chlornatrium die Theilungsvorgänge beschleunigt werden, das Wachsthum aber sich verlangsamt. Der Inhalt der Zellen wurde durch das sonst meist homogene, vertheilte Chlorophyll nicht mehr vollständig tingirt, sondern es war an einem oder mehreren Punkten angehäuft. Diese Chlorophyllnester befanden sich, wenn nur ein solches in der Zelle vorhanden war, in der Mitte, wenn zwei derselben auftraten, an den Enden der Zelle und auch bei Anwesenheit von mehreren waren dieselben den Zellenden genähert.

In einer weiterhin aus der Cultur 13 abgeleiteten Cultur 15 fanden sich schon viele abgestorbene Zellen, die zwar gänzlich farblos waren, aber noch die frühere Struktur der Membran erkennen liessen. Veränderungen an den lebenden Zellen liessen sich dagegen nicht nachweisen.

Zwischen 15 und 18 % Chlornatrium starben die Culturen völlig ab, so dass nun das Maximum des zu ertragenden Salzgehaltes überschritten war.

Fasst man noch einmal die Hauptmomente, wie sie bei diesen Culturreihen hervortraten, zusammen, so ergibt sich Folgendes: Stichococcuszellen verdicken sich in regelmässiger Stufenfolge in 1—8 procentiger Chlornatriumlösung. Während die Zellen anfangs nicht in Reihen liegen, macht sich bei 1- und noch mehr bei 2- und 4 procentiger Lösung die Wirkung des Salzes dadurch bemerklich, dass durch die schnellere Theilung Zellreihen entstehen. In den Culturen von 2 %

Kochsalz aufwärts tritt die Erscheinung der Krümmung hinzu. Durch das gleichzeitige Auftreten von Reihenbildung und Krümmung der Zellen entstehen dann Verbände, in denen vier gebogene Zellen (bei 4, 6 und 8% Chlornatriumgehalt) einen Kreis darstellen.

Als Beweis dafür, dass die so entstandenen Rhaphidiumformen lediglich durch Salzwirkung erzielt sind und dass bei Fortlassung des Salzes wieder die Stichococcusform entsteht, dient der Versuch, die an 4procentige Chlornatriumlösung angepasste Alge wieder in reinem Wasser zu cultiviren. Hierbei entstanden, wie wir sahen, wieder gerade und nicht zu Reihen verbundene Zellen, welche die ursprünglichen nur an Dicke noch übertreffen. Diese Ergebnisse stimmen also in hohem Grade mit den bei der Cultur von Tetraspora erhaltenen überein. Wille[1]) hebt die nahe Verwandtschaft der Pleurococcaceae mit den Tetrasporeae hervor; seine Ansicht wird durch das ähnliche Verhalten von Stichococcus und Tetraspora in meinen Culturen nur bestätigt.

Cladophora glomerata genuina.

Es ist bekannt (vgl. u. a. Wille in Engler und Prantl, „Cladophoraceae“), dass Cladophoraarten zu den in salzigem Wasser am meisten verbreiteten Chlorophyceae gehören; es lag somit nahe, zu untersuchen und war gewiss von ganz besonderem Interesse, wie sich eine in süssem Wasser gewachsene Art von Cladophora dem Chlornatrium gegenüber verhalten würde. Da nun aber bei den ersten in dieser Richtung angestellten Versuchen alle Culturen mit von verschiedenen Standplätzen wie zu verschiedener Zeit entnommenem Material immer schon nach einigen Tagen, selbst in fliessendem Wasser, durch Spaltpilze vernichtet wurden, so musste eine andere Culturmethode angewendet werden.

Diese gründete sich auf die bekannte Erfahrung, dass in Bewegung befindliches Wasser nicht oder doch viel schwieriger fault als stagnirendes.[2]) Gleichzeitig war zu berücksichtigen, dass durch stetige

---

1) Engler & Prantl, Pleurococcaceae von N. Wille S. 55: „Viele Pleurococcaceae zeigen grosse Aehnlichkeit mit anderen Familien, meist aber mit den Tetrasporeae, von denen wohl die meisten, durch Unterdrückung der Schwärmsporenbildung entstanden, herstammen dürften.“

2) In dieser Erscheinung liegt einer der Gründe, wesshalb das Meerwasser nicht verdirbt, denn die auf grösseren Wasserflächen immer herrschenden Luftströmungen verursachen eine fortwährende Bewegung des Wasserspiegels.

Bewegung des Wassers die Verdunstung verstärkt wird und die Salzlösung infolge dessen immer concentrirter werden müsste, wenn dieselbe in offenen Culturgefässen verwendet würde; dieser Schwierigkeit wurde nun dadurch aus dem Wege gegangen, dass die Cladophora in Glaskolben cultivirt wurde, welche durch einen doppelt durchgebohrten Kork verschlossen waren. Durch die beiden Korköffnungen waren Glasröhren derartig hineingeführt, dass man im Stande war, vermittelst einer durch Wasserdruck arbeitenden Luftpumpe einen continuirlichen Luftstrom durch die Flüssigkeit zu saugen. Die Luft wurde durch Watte filtrirt und konnte durch eine ganze Reihe mit einander verbundener Flaschen gesogen werden. Bei der so bewirkten starken Luftzufuhr wuchsen in der durch die aufsteigenden Blasen stets bewegten Flüssigkeit die Algen Monate lang in vortrefflicher Weise.

Die in Cultur genommene Cladophora glomerata ist eine der am meisten verbreiteten Arten. Sie zeigte sich aber gänzlich ungeeignet, auch nur in 0,5 procentiger Salzlösung längere Zeit zu wachsen. Schon nach einigen Wochen war die Farbe des Chlorophylls theilweise eine gelbliche (Farbe 131) geworden, und die Membran zeigte mehr oder weniger starke Verquellungen, wodurch die derselben eigene Schichtung aufs Deutlichste sichtbar wurde. In der aus der schwächeren Salzlösung allmählich herangebildeten Cultur mit 1 procentiger Chlornatriumlösung war nach Verlauf von einem Monate das Protoplasma gelb und von krankem Aussehen. Es war Plasmolyse erfolgt und auch die nach solcher oft auftretende Neubildung einer Zellulosemembran um den contrahirten Zellinhalt konnte in vielen Fällen wahrgenommen werden. Hauptsächlich dort, wo die Plasmakörnchen weniger dicht lagen und mehr homogenes Plasma den Plasmaschlauch bildete, bemerkte man die neue Zellhaut als einen äusserst fein geschichteten Bogen über die betreffende Stelle hinweg gehen.

Von dieser Erscheinung einer Neubildung der Membran in plasmolysirten Zellen hat namentlich G. Klebs in seinem Aufsatz „Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle“ [1]) berichtet. Er hatte sie nach Plasmolyse beobachtet, welche durch Zucker hervorgerufen wurde, und schildert die entstandene Membran bei Cladophora als aus „mehreren eingeschachtelten Häuten“ bestehend. Es scheint demnach, dass eine Neubildung der Membran auch nach Einwirkung anderer, die Plasmolyse bewirkenden Mitteln auftritt, denn es liegt ausser Zweifel, dass

1) Bericht der bot. Gesellschaft No. 19 S. 181.

die durch Zucker wie durch Kochsalz erzielten Neubildungen identische Erscheinungen sind. Die durch Chlornatrium plasmolysirten Zellen vermochten sich selbst in der 0,5 procentigen Lösung nicht länger als etwa $1^1/_2$ — 2 Monate lebend zu erhalten; in 2 und 3 % Salz starb die Cladophora noch früher ab.

Hier mag noch die Beschreibung einer Erscheinung Platz finden, welche bei solchen Culturen der Cladophora im Wasser beobachtet wurde, durch welches permanent Luft gesogen war, obgleich das Chlornatrium dabei keine Rolle spielt.

Wie bei allen angesetzten Culturen, so war auch hier ein Controlgefäss, das die Cladophora in Wasser enthielt (vgl. T. II, Fig. 14), vorhanden. Der Cultur war nur die nöthige Menge Nährlösung zugefügt.

Der mit dieser Cultur versehene Kolben befand sich auch mit in der Reihe derjenigen, durch welche Luft gepumpt wurde. Die Cladophora zeigte darin andauernd ein schönes, kräftig grünes Aussehen und viele Endzellen waren angeschwollen, um Zoosporangien zu werden. Die Chlorophyllkörner waren zum Theil recht gross; es fanden sich solche, die 4 — 5 μ maassen. Die Dicke der Zellen blieb unverändert. An der Innenseite der Membran aber zeigten sich nach etwa einem Monate, hauptsächlich in den jüngeren Zellen der Aeste, eigenthümliche, leistenartige Vorsprünge, welche die Zellen der Quere nach ganz oder theilweise, kreis- oder bogenförmig umgürteten. Die Aussenseite der Membran war dabei vollständig glatt und zeigte in einigen Zellen im Inneren auch nur auf einer Seite derartige Gebilde. Bei den meisten Zellen aber trat die Erscheinung auf allen Seiten zugleich auf; die Querwände dagegen waren immer frei von diesen Vorsprüngen. Diese leistenartigen Verstärkungen correspondirten nicht immer mit einander an den gegenüberliegenden Seiten der Wandung, meistens entsprachen nur unscheinbare Vorsprünge den gegenüberliegenden kräftigeren Verstärkungen (vgl. T. II, Fig. 15 a u. b).

Ueber die Bedeutung dieser Bildungen könnte man sich folgende Vorstellung machen.

Verdickungen der Membran dienen im Allgemeinen dazu, diese zu versteifen. Obgleich die Membran der Cladophora ziemlich dick und mehrschichtig ist, was sich besonders nach der Quellung zeigt, so scheint sie doch äusserst schwach zu sein. Diese Weichheit wird besonders dann augenfällig, wenn es sich darum handelt, Dauerpräparate mit Hilfe irgend eines Mittels (2 procentige Essigsäure, Glycerin

etc.) herzustellen, welches eine Contraction des Zellinhaltes bewirkt. Die Membran ist so zart, dass sie, sobald der Turgor nachlässt, faltig zusammenschrumpft. Die Herstellung der Dauerpräparate gelang mir bei der in Rede stehenden Pflanze erst dann, nachdem der Inhalt gehärtet war. Durch die beschriebenen Querleisten werden nun sehr wirksame Ausspreizungen für die Membran gebildet und die so versteiften Zellen lassen sich in der That auch schon ohne Härtung des Inhaltes einschliessen, ohne dass die Membran ihre Gestalt einbüsst.

Bezüglich der Ursachen für die Entstehung der Leisten wäre es möglich, dass die durch die aufsteigenden Luftblasen in dem Kolben bewirkte Bewegung eine zu kräftige gewesen wäre; die unausgesetzt in dem Glase hin- und hergeworfenen Algen schützen sich dann durch die Querleisten vor allzuhäufigem Einknicken der schwachen Membran. Man darf also wohl annehmen, dass die Pflanze, auf den durch die vermehrte Wasserbewegung ausgeübten Reiz durch Versteifung der Membran reagirt.

Anderseits könnte auch die vermehrte Luftzufuhr hierbei eine Rolle spielen, welche möglicherweise eine erhöhte Herstellung von Kohlenhydraten zur Folge hat, die sich theilweise in Form von leistenartigen Cellulosemassen ablagern.

Träfe dies zu, so müsste man auch in freier Natur, wo ähnliche Vegetationsbedingungen herrschen (starke Bewegung des Wassers und vermehrter Luftzutritt), also z. B. unter kleinen Wasserfällen, ähnliche Verstärkungen der Zellmembranen bei Cladophora erwarten dürfen.

Meine bisherigen in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen ergaben jedoch ein negatives Resultat. Da nun aber ein zweiter Versuch mit der nämlichen Species in gleicher Weise mehrere Monate später angestellt, genau dasselbe Resultat ergeben hat, so darf das Eintreten der Verdickung in der That als Wirkung der lebhafteren Wasserbewegung und der stärkeren Luftzufuhr aufgefasst werden.

Andere Algen.

Nachdem im Vorhergehenden das Verhalten einiger Algen, welche in Salzwasser leben können und dabei theilweise eine Gestaltsveränderung erleiden, beschrieben wurde, erübrigt es noch, einen Blick auf solche Arten zu werfen, die bisher noch nicht besprochen wurden.

Freilich liegen bezüglich derselben keine planmässigen Untersuchungen vor, welche in allen Fällen ein präcises Resultat ergeben hätten, vielmehr handelt es sich hier meist nur um Beobachtungen,

welche nebenher gemacht wurden und zum Theil unvollständig sind, oder um das Verhalten solcher Species, die sich gar nicht oder nur schwierig und nur an geringe Salzconcentrationen gewöhnen lassen. Immerhin werden die nachstehenden Angaben die Vorstellung, welche man von der Anpassungsfähigkeit der Algen an Kochsalz gewinnt, ergänzen können.

Cyanophyceae.

Neben den bereits erwähnten Species wurde noch eine Gloeocapsa in Salzlösung cultivirt. Sie hatte sich in verschiedenen Culturen gefunden und zeigte noch Existenzfähigkeit bis zu 6 procentiger Lösung, worin sie etwa fünf Monate lebte. In concentrirteren Lösungen starb sie bedeutend früher ab, in 3 procentiger aber hat sie sich bis jetzt, fast ein Jahr, erhalten.

Eine neben andern Algen vorkommende Rivularia mühte sich mit der Anpassung an 3 % Salz augenscheinlich sehr ab und bildete darin öfter 3—4 Heterocysten, die dicht hinter einander lagen. Während sie ferner in 4 procentiger Lösung bald starb und farblos wurde, wuchs sie in 2 procentiger länger als ein Jahr.

Auf die

Diatomaceae

ist in dieser Arbeit wenig eingegangen; da sie überall verbreitet sind, so wurden sie viel angetroffen; im Allgemeinen ertrugen sie eine 10 procentige Lösung länger als einen Monat und fanden sich über ein Jahr lang lebendig in Culturen mit 7 % Kochsalz.

Manche derselben sind ohne Zweifel sehr anpassungsfähig und eines eingehenderen Versuches werth. Vielleicht geben sie über manche an anderen Algen nicht oder nur ungenügend beantwortete Fragen sogar besseren Aufschluss, da nicht wenige Arten sowohl im Meere wie in den Binnengewässern vorkommen.

Chlorophyceae.

Von den Conjugaten wurden Zygnema und Mesocarpus bereits oben erwähnt. Spirogyren vermochten selbst 0,5 procentige Chlornatriumlösung nicht gut zu ertragen; es fanden sich zwar darin noch nach sieben Monaten einige lebende Zellen, aber der grösste Theil war doch schon frühzeitig abgestorben. Spirogyren sind überhaupt äusserst empfindliche Pflanzen. Die Desmidiaceae zeigten sich theilweise geeignet, wenigstens einige Zeit in Salzlösungen ohne Eintritt von Plasmolyse zu vegetiren. Ein Cosmarium lebte in 4 procentiger Salzlösung zwei Monate, selbst 8 % wurden einen Monat lang ertragen.

In einer 5 procentigen Cultur fanden sich nach sieben Monaten noch eine Anzahl lebender Zellen. In 2 procentiger Chlornatriumlösung bildete Cosmarium nach vier Monaten noch Zygosporen und lebt bis zum Schluss dieser Untersuchung (8½ Monate) darin.

Die zu der Gruppe der Zoosporeen gehörenden Arten Tetraspora, Stichococcus und Chlorella sind oben bereits ausführlicher besprochen. Viel weniger hoch als diese passte sich Gloeocystis an, die in 1½ procentiger Lösung freilich lange Zeit, in 2 procentiger aber nur 4½ Monat und in 4 procentiger gar nur zwei Monate zu leben vermochte. Bei Chaetophora lagen die Grenzen der Existensfähigkeit in Kochsalzlösungen etwas höher als bei der oben erörterten Cladophora. Chaetophora pisiformis wuchs in 2 procentiger Salzlösung über sechs Monate lang, sie starb bei 4 % in drei Monaten ab und bei 6 % schon nach ⅓ Monat. Die Siphonaceae und Oedogoniaceae erwiesen sich als gänzlich ungeeignet für Salzculturen. Vaucheria starb nach wenigen Tagen in 0,5 procentiger Lösung und hielt es auch in 0,25 procentiger nicht länger aus. Oedogonium und Bulbochaete lebten in 0,5 procentiger Lösung ½ Monat und starben in 1 % Salz schon nach wenigen Tagen ab.

Chara blieb in 0,5 procentiger Salzlösung über ein Jahr frisch und entwickelte neue Zweige; in 1 procentiger Lösung starb sie aber schon nach 4 — 5 Monaten ab.

In einem Culturglase mit 2 procentiger Kochsalzlösung, welches schon seit März 1889 im botanischen Museum gestanden hatte und mir zur Verfügung gestellt wurde, fanden sich nach 2½ Jahren noch folgende Arten lebend: Oscillaria, Anabaena, Lyngbya, Spirulina oscillaroides, Rhaphidium und Chlorella vulgaris.

Bezüglich etwaiger Veränderungen konnten diese Species nicht beurtheilt werden, weil sie früher nicht gezeichnet waren. Sie waren von dem natürlichen Standorte direct in Salzlösung gebracht worden.

Anpassungen in freier Natur.

Es ist eine auffällige Erscheinung, dass sich, abgesehen von gewissen Diatomeen, so wenige Algenspecies gleichzeitig im Meere und in den Gewässern des Binnenlandes finden. Als Grund dafür, dass die durch die Flüsse oder sonst irgendwie aus dem Süsswaser in das Meer gelangenden Algen sich dort nicht im Laufe der Jahrhunderte

eingebürgert haben, mag zum Theil der zu jähe Uebergang aus dem salzfreien oder salzarmen in das salzreiche Medium gelten. Die Strömung der Flüsse an ihren Mündungen ist häufig zu stark, als dass ein Vermischen der beiden verschiedenen Wässer in für die Algen geeigneter Weise eintreten könnte und die durch die Flüsse zugeführten Algen werden, bevor sie sich anpassen können, in das salzreiche Meer hinausgetrieben, wo sie wegen des zu raschen Ueberganges zu Grunde gehen.

Zwar bildet das Brackwasser einen Uebergang vom Süsswasser zum Meerwasser, der Salzgehalt liegt dort zwischen beiden Extremen.

Es wäre also anzunehmen, dass die Bedingungen zur Anpassung von Algen an Kochsalz hier günstiger sein müssten; aber im Brackwasser tritt ein anderer Umstand auf, welchen F. Oltmanns kürzlich in seinem Aufsatz „Ueber die Bedeutung der Concentrationsänderungen des Meerwassers für das Leben der Algen“ [1]) erörtert.

Er erwähnt darin die rasche Veränderung des Salzgehaltes im Meerwasser und ermittelt, dass diese besonders an Orten, an welchen sie zur Regel wird (Ostsee z. B.), eine bedeutende Verarmung der Flora herbeiführt. Der Wechsel des Salzgehaltes aber ist, wie Oltmanns ebenfalls durch Zahlen an einem bestimmten Beispiel beweist, gerade im Brackwasser ziemlich bedeutend, so dass auch hier die Anpassungsbedingungen für Algen wenig günstig erscheinen.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Es gibt nicht wenige Arten von Süsswasseralgen, welche sich bei Zusatz von Nährlösungen an geringere oder grössere Kochsalzmengen anzupassen vermögen. Die im Vorstehenden untersuchten Species gehören theils zu den blaugrünen, theils zu den grünen Algen, und zwar zu den Gruppen der Cyanophyceae, Diatomeae und Chlorophyceae.

Aus der ersten Gruppe wurden erörtert: Oscillaria, Spirulina, Anabaena, Rivularia und Glococapsa.

Von den Chlorophyceen führt vorliegende Arbeit auf: Zygnema, Mougeotia, Spirogyra, Chlorella, Stichococcus (Rhaphidium), Tetraspora, Chaetophora, Cladophora und schliesslich Vaucheria, Oedogonium und Chara.

Je höher die Organisation einer Algenspecies, desto schwieriger erscheint im Allgemeinen die Anpassung: Chara, Vaucheria, Oedo-

1) Sitzungsbericht der kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1891 S. 193.

gonium und Spirogyra passen sich weniger hoch und weniger rasch an als Oscillaria, Chlorella, Stichococcus und Tetraspora.

Bei allen oben näher beschriebenen Culturen von Algen in abgestuften Kochsalzlösungen trat eine Vergrösserung der Zellen ein, welche mit der Verstärkung der Salzlösung parallel ging und anfangs schnell zunahm, dann aber bei einer für jede Art bestimmten Grenze ihren Stillstand erreichte. Dieser Grenzpunkt lag zuweilen weit unter dem höchsten Concentrationsgrade, welchen die Alge überhaupt zu ertragen vermochte. Die Steigerung auf hohe Salzprocente musste bei Beginn einer jeden Cultur zunächst allmählich erfolgen bis die Algen sich überhaupt erst an geringe Salzquantitäten gewöhnt hatten; später wurde auch ein grösserer Sprung von schwächerer zu stärkerer Concentration meistens ohne Schaden ertragen. Material von einem natürlichen, salzhaltigen Fundorte passte sich leichter an höhere Concentrationen an, als solches von salzfreiem Standort.

Bei Rhaphidium und Anabaena erfährt die äussere Gestalt, bei Tetraspora die Theilungsweise eine Veränderung.

Mougeotia zeigt zuerst ein sich in Missgestaltung der Zellen äusserndes Krankheitsstadium, welches aber bei vorschreitender Anpassung überwunden wird, so dass späterhin wieder normale Zellen ausgebildet werden.

Im Zellinhalt tritt bei allen Species, wenn die Steigerung des Kochsalzgehaltes zu schnell vollführt wird, Verfärbung des Chlorophylls in gelb und braun ein. Diese Farben verschwinden aber langsam wieder und treten bei allmählich vollführter Anpassung überhaupt nicht auf.

Plasmolyse wurde nur dann wahrgenommen, wenn die Anpassung zu gewaltsam verlangt wurde; bei langsamem Steigen des Kochsalzgehaltes erfolgte dieselbe nicht.

Die bei Beginn der Cultur aufgespeichert gewesene Stärke wird bei der ersten Anpassung zunächst verzehrt, so dass das Protoplasma dann mehr homogen erscheint. Nach vollständig durchgeführter Anpassung wird hierauf wieder Stärke gebildet, die indessen bei stärkeren Concentrationen abermals aufgezehrt werden kann.

In diesem Umstande, wie auch in der Thatsache, dass sich in der an grosse Salzmengen angepassten Tetraspora noch Schwärmerbildung zeigt, liegt der beste Beweis dafür, dass manche Süsswasseralgen sich nicht bloss für kurze Zeit an Salzlösungen gewöhnen, sondern auch in solchen zu assimiliren, zu wachsen und sich fortzupflanzen vermögen.

Das Resultat, zu welchem A. F. W. Schimper[1]) bei höheren Pflanzen gelangte, dass nämlich Salzlösungen „die Assimilation derart beeinträchtigen, dass Stärke und Zucker in nachweisbarer Menge nicht mehr erzeugt, Wachsthum, Blütenbildung etc. ganz oder nahezu sistirt werden, obwohl die Pflanze fortexistiren kann . . ." trifft für manche Algen demnach nicht zu.

---

1) A. F. W. Schimper, Die indo-malayische Strandflora p. 26.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Oscillaria Frölichii Kg. in $5^0/_0$ Salz cultiv. ($^1/_2$ der 410/1 Vergr.)
Fig. 2. Anabaena flos aquae ohne Salz. (Vergr. 410/1).
„ „ „ $1^0/_0$ „ „
„ „ „ $2^0/_0$ „ „
Fig. 3. „ „ „ $3^0/_0$ „ „
Fig. 4. a) Zygnema stellinum gen. $2^0/_0$ Salz. ($^1/_2$ der 300/1 Vergr.)
b) „ „ „ $4^0/_0$ „ „
Fig. 5. Mougeotia laevis Archer $2^0/_0$ Salz. ($^1/_2$ der 410/1 Vergr.)
Fig. 6. „ „ „ $0^0/_0$ „ „
Fig. 7. „ „ „ $2^0/_0$ „ „
Fig. 8. Stichococcus. (Rhaphidiumform). $4^0/_0$ Salz. (Vergr. 750/1).
„ $3^0/_0$ „ „
„ $2^0/_0$ „ „
„ $1^0/_0$ „ „
(Stichococcusform) $0^0/_0$ (a) Salz „
aus $4^0/_0$ Salz in $0^0/_0$ cultiv. $0^0/_0$ (b) „ „
„ $4^0/_0$ „ „ $8^0/_0$ „ $8^0/_0$ „ „
Fig. 9. Tetraspora explanata. $0^0/_0$ Salz. (Vergr. 410/1).
„ „ $1^0/_0$ „ „
„ „ $2^0/_0$ „ „
„ „ $3^0/_0$ „ „
„ „ $4^0/_0$ „ „
„ „ $5^0/_0$ „ „

Tafel II.

Fig. 10. Tetraspora explanata. $6^0/_0$ Salz. (Vergr. 410/1).
Fig. 11. a) „ „ $8^0/_0$ „ „
b) „ „ $11^0/_0$ „ „
Fig. 12. „ „ $13^0/_0$ „ „
Fig. 13. aus $11^0/_0$ Salz in $0^0/_0$ cultiv. $0^0/_0$ „
Fig. 14. Cladophora glomerata, natürlich. ($^1/_2$ der Vergr. 300/1).
Fig. 15a u. b „ „ in Wasser cultiv. durch „
welches Luft gesogen wurde.

Physiologische Notizen

von

Julius Sachs.

II.

Beiträge zur Zellentheorie.

a) Energiden und Zellen.

Da es sich hier nur um eine vorläufige Mittheilung handelt, so sei es gestattet, ohne Einleitung, sogleich in medias res einzutreten und zu sagen, was ich mir unter einer Energide denke und warum ich es für nützlich halte, diesen Begriff in die Zellenlehre einzuführen.

Unter einer Energide denke ich mir einen einzelnen Zellkern mit dem von ihm beherrschten Protoplasma, so zwar, dass ein Kern und das ihn umgebende Protoplasma als ein Ganzes zu denken sind und dieses Ganze ist eine organische Einheit, sowohl im morphologischen wie im physiologischen Sinne.

Bekanntlich ist ein kleiner Klumpen Protoplasma ohne Kern nicht wachsthums- und nicht gestaltungsfähig; noch weniger ist dies ein Kern ohne Protoplasma; beide gehören zusammen und erst in ihrer Vereinigung sind sie das Elementargebilde, aus welchem sich die Organismen aufbauen.

Den Namen Energide wähle ich, um damit die Haupteigenschaft dieses Gebildes zu bezeichnen: dass es nämlich innere Thatkraft, oder wenn man will: Lebenskraft besitzt. Wenn sich die Energide in zwei theilt, so verdoppelt sich die Lebensenergie, nachdem sich die Energide vorher durch Ernährung verstärkt hat.

Man wird nun wahrscheinlich sagen: das ist ja dasselbe, was man eine Zelle nennt. Das ist jedoch nicht der Fall, denn es lässt sich leicht zeigen, dass eine Zelle etwas anderes ist.

Bekanntlich enthalten lange Bast- und Milchröhren, die doch zu den Zellen gerechnet werden, mehrere, oft sehr viele Kerne, welche

in dem Protoplasma mehr oder minder regelmässig vertheilt sind; grosse Parenchymzellen von Phanerogamen (z. B. von Tradescantia) verhalten sich ähnlich und Schmitz, dem wir die Kenntniss dieser mehrkernigen Zellen vorzugsweise verdanken, hat gezeigt, dass dieselben bei den Algen und Pilzen sehr häufig vorkommen und darauf hingewiesen, dass es vorwiegend die grossen Zellen sind, welche mehrere oder viele Kerne enthalten, und dass sich in anfangs kleinen und einkernigen Zellen, wenn sie gross werden, die Kerne mit dem Wachsthum vermehren. Auffallend grosse Zellen, wie viele Embryosäcke und die sog. einzelligen Pflanzen, zumal die Siphoneen, enthalten sehr viele Kerne.

Diese Thatsachen weisen darauf hin, dass zu einem gewissen minimalen Quantum von Protoplasma auch ein Zellkern gehört und dass, wenn das Protoplasmaquantum sich vermehrt, auch mehrere Zellkerne nöthig sind, seine Energie zu unterstützen.

Wo die Lebensverhältnisse es gestatten, da sammelt sich um einen Kern das zugehörige Quantum Protoplasma und die so gebildete Energide wird frei, bildet eine Amöbe, eine Schwärmspore u. dgl. Eine Zellhaut braucht nicht zu entstehen, die Energide bleibt nackt. Dies geschieht aber nicht immer: in den Vegetationspunkten (besonders der Muscineen und Gefässpflanzen) wird mit jeder Zelltheilung ebenfalls um je einen Kern ein Quantum Protoplasma angesammelt und scharf abgegrenzt, aber hier wird auch sofort eine wenn auch sehr dünne Zellhaut um jede Energide gebildet und so entsteht aus und mit dem Energidensystem ein System von Zellen, d. h. von geschlossenen Kammern.

Aber die Energiden brauchen sich nicht so scharf von einander abzugrenzen, dass man ihre Grenzlinien direct in dem Protoplasma sieht; die Kerne liegen dann in einem scheinbar homogenen Protoplasma angeordnet in den vielkernigen Zellen; so ist es bei den Siphonocladien und Siphoneen, den vielkernigen Mucorschläuchen und Milchröhren und in den Pollenkörnern der Angiospermen. Aber in anderen Fällen, wo zahlreiche Kerne im Protoplasma vertheilt sind, theilt sich dieses selbst später in Portionen, derart, dass zu jedem Kern ein Theil des Protoplasmas gehört und aus jeder solchen Energide wird also eine Zelle; so in den Embryosäcken bei der Endospermbildung (Zoosporangien der Saprolegnieen).

Man könnte nun abermals sagen, das sei eine alte Geschichte, nur in anderen Worten erzählt. Das ist es auch, aber eben auf die anderen Worte kommt es an, denn es handelt sich um die wissen-

schaftliche Sprache, die mit der wissenschaftlichen Vorstellung übereinstimmen soll.

Zunächst zeigt die vorstehende Darstellung, dass in einer Pflanzenzelle nicht nur, wie man sagt, mehrere Kerne, sondern, besser ausgedrückt, mehrere Energiden enthalten sein können; dass in einer sog. einzelligen Pflanze viele Energiden wohnen, dass im Allgemeinen mit der Grösse einer Zelle die Zahl der Energiden in ihr zunimmt, dass aber auch die einzelne Energide für sich frei leben kann, ohne von einer Zellhaut oder Zelle umgeben zu sein, wie es bei Schwärmsporen geschieht. Nach Schmitz enthält die grosse Schwärmspore der Vaucherien zahlreiche Kerne, sie besteht also ihrer Grösse entsprechend aus zahlreichen Energiden.

Bei den aus gewöhnlichem Zellgewebe bestehenden Pflanzen ist jede Zelle von einer Energide bewohnt; werden aber einzelne Zellen sehr gross, so entstehen in ihr zahlreiche Energiden.

Zum Begriff der Energide gehört also die Zellhaut nicht; die Sache liegt vielmehr so, dass jede einzelne Energide sich mit einer Zellhaut umgeben kann, oder aber mehrere Energiden zusammen bilden eine Zellhaut, wie z. B. eine keimende Schwärmspore von Vaucheria (nach Schmitz), oder mit dem Wachsthum einer Zellkammer, die anfangs nur eine Energide enthielt, vermehrt sich auch die Zahl der Energiden in ihr (Embryosäcke, Milchzellen).

Ich gebe nun gerne zu, dass das Wort Energide vielleicht auch jetzt noch entbehrlich ist; man hat sich ja bisher mit der alten Nomenclatur durchgeholfen; dass diese aber ihre grossen Schattenseiten besitzt, wird man auch mir zugeben.

Zunächst gewährt der Begriff Energide insofern einen Vortheil, als durch ihn eine wirkliche Einheit als Grundlage für den Aufbau des Organismus gewonnen ist: ein Kern mit dem zu ihm gehörigen, von ihm beherrschten Protoplasma; das ist eine sehr einfache Einheit, von der jede Darstellung des inneren Baues der Pflanze sowie des Thieres ausgehen kann. Der Begriff: Zelle erscheint bei den Pflanzen somit als ein secundärer, womit viel Schwierigkeiten beseitigt werden. Zum Begriff der Pflanzenzelle gehört meiner Ansicht nach durchaus die Zellhaut; die Pflanzenzelle ist der Behälter einer oder mehrerer Energiden.

Bekanntlich besteht der allergrösste Theil des Körpers einer älteren, grossen Pflanze, zumal eines Baumes, aus todten Zellen, d. h. aus blossen Zellhäuten (Kork, Kernholz, alter Bast, Samenschalen u. s. w.). Die Energiden, welche diesen Theil des Zellwandgerüstes aufgebaut

haben, sind verschwunden, mit ihnen die Lebensenergie, während derjenige Theil des Zellgerüstes, in welchem noch Energiden enthalten sind, lebendig ist, seine Energie bewahrt hat. Ich lege Werth darauf, dass das Wort Energide sofort auf Energie, d. h. auf Leben hindeutet, was bei dem Wort Zelle nicht der Fall ist. Bekanntlich ist das Wort Zelle als Terminus technicus der Botanik nur historisch zu verstehen, insofern Robert Hooke 1667 die innere Configuration des Korkes und der Holzkohle eine zellige, im Sinn einer Bienenwabe, nannte. Auch die Zootomie hat später dieses unglückliche Wort aufgegriffen und für die Elementartheile des thierischen Organismus verwendet, obgleich es dort noch weniger Sinn hatte, als bei den Pflanzen. — In den 40er Jahren erkannten die Botaniker, dass das Wesentliche der Pflanzenzelle nicht ihr Gehäuse, sondern ihr Inhalt, wie wir jetzt sagen, das Protoplasma mit dem Kern ist, und so unterschied man Zelle und Zellinhalt. Damit aber kam man sprachlich ins Gedränge, denn nun musste man sagen, eine Schwärmspore, eine Amöbe, eine Oosphäre u. s. w. ist eigentlich eine Zelle, was ungefähr so klingt, wie wenn Robert Hooke gesagt hätte, die fliegende Biene ist eigentlich die wahre Bienenzelle, die aus Wachs bestehende Zelle ist blosses Gehäuse.

Geradezu peinlich wird die Nomenclatur mit dem jetzigen Wort und Begriff Zelle, wenn man genöthigt ist, vor einem Zuhörerkreise zum ersten Male die elementare Zusammensetzung der Pflanzen darzulegen; ich thue dies seit 35 Jahren und fühle jährlich mehr, wie hinderlich das Wort Zelle in seiner gegenwärtigen Anwendung für das Verständniss ist; man muss sich sogar hüten einen Candidaten zu fragen, was eine Zelle ist, denn das Wort hat keinen Sinn: eine leere Holzfaser ist ja nach herrschendem Sprachgebrauch ebenso eine Zelle, wie ein Embryosack mit jungem Endosperm und wie eine Amöbe oder Schwärmspore oder selbst eine ganze Caulerpa.

Mit Befriedigung habe ich in der Litteratur mich überzeugt, mit welcher Gewissenhaftigkeit die Astronomen, Physiker, besonders aber die Krystallographen und Chemiker ihre Nomenclatur behandeln und sie dem jeweiligen Stand ihrer wissenschaftlichen Erkenntniss anpassen; dagegen beginnt die Wissenschaft von den lebendigen Dingen mit einem Wort, welches vor mehr als 200 Jahren infolge eines Irrthums entstanden und dann beibehalten worden ist: dem Wort Zelle.

Durch Einführung des Wortes und Begriffs: Energide würde nun dem Uebel ein Ende gemacht und, wie ich glaube, auch eine tiefere und richtigere Auffassung dessen angebahnt, was man als die sichtbare Grundlage des Lebens bezeichnen darf, wogegen das Wort Zelle

in der Botanik nur noch für die Zellwand oder auch für diese sammt dem Inhalt zu verwenden wäre. Will man von dem festen, zelligen Bau des Pflanzenkörpers reden, so empfiehlt sich der Ausdruck Wandgerüst oder auch Zellengerüst. Das Wandgerüst, durch welches sich die Pflanze so wesentlich vom Thier unterscheidet, wird von den Energiden gebaut; das leuchtet auch dem Anfänger und dem Laien ein.

Ich glaube, so wie mir, wird es vielen Anderen gegangen sein, wenn sie hörten und lasen, dass die Eikugeln eines Fucus oder gar die durch Theilung entstandenen Protoplasmakugeln (Furchungskugeln) innerhalb eines Hundeeies Zellen genannt werden. Wort und Sache sind einander so fremd als möglich; wäre es nicht viel passender gerade in solchen Fällen das Wort Energide zu brauchen?

Die Phytotomen und Zootomen haben auch schon längst gefühlt wie misslich der Gebrauch des Wortes Zelle in seiner Anwendung auf so ganz verschiedene Dinge ist. Man hat daher die Ausdrücke Zellenleib (Brücke), Protoplast und viele andere zur Bezeichnung des lebendigen Inhalts der Pflanzenzelle vorgeschlagen. Aber der Zellenleib einer einkernigen Gewebezelle ist doch wieder sehr verschieden von dem Inhalt einer vielkernigen Siphonee, oder soll man sagen, die Vaucheria oder die Caulerpa enthält in ihrer Haut (Zellhaut) viele Zellenleiber, um den wahren Sachverhalt zu bezeichnen? — ich sage da einfach: die gewöhnliche Gewebezelle enthält eine, der Siphoneenschlauch viele Energiden.

Das Wort Protoplast ist zur Bezeichnung des Zellinhaltes auch nicht recht passend; enthält z. B. eine mit zwei Kernen versehene Pollenzelle einen oder zwei Protoplasten? Die Pollenzelle der Gymnospermen enthält 2—3 wirkliche Zellen, weil ihre 2—3 Energiden Häute bilden; bei denen der Angiospermen bleiben die Häute weg; ich sage daher: die Pollenkörner der Angiospermen, sowie die der Gymnospermen, bilden in sich 2—3 Energiden, jene ohne, diese mit Zellhaut, und ich denke, das klingt nicht nur besser, sondern es gibt auch den Sachverhalt richtig wieder; wie soll man das mit dem Worte Protoplast ausdrücken?

In einer inhaltsreichen Abhandlung über die Zellkerne der Thallophyten (Sitzungsber. der niederrh. Ges. Bonn, 4. Aug. 1879, S. 6 des Sep.-Abdr.) sagt Schmitz, dass er meine früher für die Siphoneen, Phycomyceten u. s. w. vorgeschlagene Bezeichnung als: „nichtcelluläre“ Pflanzen nicht annehmen könne, weil diese Bezeichnung wieder das Gehäuse der Zelle in den Vordergrund stelle; — ganz im Gegentheil, ich stelle damit gerade den Inhalt dieser Pflanzen in den Vordergrund,

der eben nicht aus Zellen, sondern aus Energiden besteht, deren Zellhäute oder innere Zellwandgerüste nicht zur Ausbildung gelangen; die zahlreichen Energiden einer Siphonee erzeugen nur eine gemeinsame Zellhaut; insofern kann man sagen, sie sei eine einzellige Pflanze; sie bildet eben kein inneres Zellwandgerüst.

Um zu einer klaren Nomenclatur zu gelangen, wäre es also das Beste, das Wort Zelle in seinem ursprünglichen Sinne zu nehmen und damit nur die Zellhaut oder diese sammt ihrem Inhalt zu bezeichnen; will man aber die lebendige Einheit, auf welcher das organische Leben beruht, bezeichnen, so empfehle ich das Wort Energide um so mehr, als es auch zugleich die einheitliche Grundlage des thierischen Körpers recht gut bezeichnet.

Sagt man, eine vielzellige Pflanze wächst, indem ihre Anfangszelle sich wiederholt theilt und also sehr viele Zellen entstehen, so ist damit nur eine Aeusserlichkeit bezeichnet; es entstehen eben nach und nach viele Kammern. Sagt man dagegen: mit dem Wachsthum vermehrt sich die Zahl der Energiden, und weiss man, dass eine Energide eine Kraftgrösse repräsentirt, so leuchtet sofort ein, dass mit der Zahl der Energiden auch die Energie, die Arbeitskraft in der wachsenden Pflanze sich vermehrt und es ist nicht ausgeschlossen, dass einzelne Zellen auch viele Energiden enthalten. — Nägeli ging lange von dem Gedanken aus, dass das Wachsthum durch die Zelltheilungen veranlasst werde. Wie können aber blosse Halbirungen der Zellen das Wachsthum fördern? — Sagt man dagegen, die Vermehrung der Energiden bewirkt Wachsthum, so leuchtet dies ein, denn Vermehrung der Energiden ist Vermehrung der Kräfte, welche zum Wachsthum nöthig sind.

Man könnte schliesslich noch einwenden, ob denn der Begriff Energide als ein Zellkern mit dem von ihm beherrschten Protoplasma an sich berechtigt sei. Noch vor 10—15 Jahren wäre es allerdings schwierig gewesen, dies zu beweisen; ja man wäre damals wohl kaum auf den Gedanken verfallen, die Sache so aufzufassen, wie ich es thue. Wenn man jedoch die zahlreichen neueren genauen Untersuchungen über die „Zelltheilung“ und die Vereinigung von „Zellen“ (Energiden) bei der Befruchtung betrachtet, so kann der Gedanke wohl nicht befremden, dass zwischen Kern und Protoplasma innere Beziehungen bestehen, durch welche ein Kern mit dem ihn umgebenden Protoplasma zu einem Ganzen, zu einer Einheit verbunden erscheint, in welcher Kräfte thätig sind, die wir als die elementaren Vorgänge des Lebens auffassen dürfen; und auf diese Lebenskräfte kommt es doch

wohl an, nicht aber auf die festen Wandungen, aus denen das gekammerte feste Gerüst der Pflanzen besteht, welches für sich allein keinerlei Lebensregung erkennen lässt; in der Energide dagegen werden die Kräfte der durch die Athmung in Bewegung gesetzten Moleküle, welche ihr als Nahrungsstoffe zufliessen, zu einem individuellen Ganzen zusammengefasst, wo aus den Molecularbewegungen Massenbewegungen und Gestaltungsprocesse entstehen.

Ich weiss aus langer Erfahrung, dass in Fällen, wie dem vorliegenden, sich zunächst abweisende Kritik geltend macht, die daraus entspringt, dass es Vielen schwer wird, das Altgewohnte aufzugeben; das hält mich jedoch nicht ab, denen, welche es mit der Wissenschaft ernst nehmen, zu empfehlen, zunächst einmal versuchsweise meine Ansicht praktisch zu benutzen und zu sehen, ob durch die Unterscheidung von Energiden und Zellen nicht grössere Klarheit in die wissenschaftliche Auffassung und Sprache zu bringen wäre.

b) Die rechtwinklige Schneidung der Zelltheilungsflächen und ihre Beziehung zur Organbildung bei Thieren (vgl. die Nachschrift).

In den „Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg“ habe ich im 2. Bande 1878 und 1879 zwei längere Abhandlungen veröffentlicht, von denen sich die erste vorwiegend mit der Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen, die zweite, auf jener fussend, mit der Zellenanordnung in ihrer Beziehung zum Wachsthum beschäftigt. Der grundlegende Gedanke dieser beiden Abhandlungen wurde sodann in einer leichter verständlichen Form in meinen „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie“ 1882 und 2. Auflage 1887 nochmals unter dem Titel: „Beziehungen zwischen Wachsthum und Zelltheilung im embryonalen Gewebe“ (S. 426 der 2. Aufl.) ausführlich dargestellt.

Dieser Grundgedanke, den ich auch als das Princip der rechtwinkligen Schneidung der Theilungsrichtungen bezeichne, liegt in der Constatirung und weiteren Verwerthung der Thatsache, dass die successiven Theilungswände einander rechtwinklig schneiden und dass man auf Grund dieses einfachen Gesetzes im Stande ist, die gesammte Anordnung der Zellen, das sog. Zellennetz eines jungen Pflanzenembryos, eines Vegetationspunktes von Wurzel oder Spross sammt seinen jüngsten Blattanlagen, ebenso die Configuration des Zellenbaues in einem Haar, einer Drüse u. s. w. zu zeichnen, wenn

noch einige wenige Anhaltspunkte über die Vertheilung des Wachsthums gegeben sind; dass man aber auch umgekehrt aus dem beobachteten Zellwandnetz die Vertheilung des Wachsthums im Inneren eines jungen Organs beurtheilen kann. Der sinnliche Eindruck, den das Zellwandnetz auf den Beobachter macht, wird wiedergegeben durch drei Systeme meist krummer, sich rechtwinklig schneidender Linien (Flächen), die ich als Periklinen, Antiklinen und Transversalen bezeichnete.

Indem ich den Leser auf die genannten Darstellungen verweise, will ich nachträglich nur noch darauf aufmerksam machen, dass diese Linien auch in ganz unmittelbarer Beziehung zu dem Verhalten der Zellkerne bei den Theilungen stehen, insofern jede neue Wand die caryolytische Figur oder die Kernspindel rechtwinklig zu deren Achse schneidet.

Die ausserordentliche Fruchtbarkeit dieses Princips, die nothwendige Beziehung dieser Linien (Anti- und Periklinen und Transversalen), einerseits zu den Kern- und Zelltheilungen, anderseits zu den Vorgängen des Wachsthums, lässt keinen Zweifel, dass es sich dabei um ein fundamentales Gestaltungsgesetz handelt, welches jedoch nur dann und nur so lange klar hervortritt, als die einzelnen Zellen (Energiden) sich als Theile des ganzen Embryos, des ganzen Vegetationspunktes oder sonst eines embryonalen Körpers verhalten; denn durch das spätere individuelle Wachsthum und Gestaltveränderung der einzelnen Zellen muss der ursprüngliche Verlauf der gen. Linien nothwendig unkenntlich werden. Wo dagegen die einzelnen Zellen nach ihrer Entstehung gar nicht oder sehr wenig wachsen oder wenigstens bei ihrem Wachsthum ihre Gestalt nicht verändern, da erblickt man die ursprüngliche Anordnung nach Peri- und Antiklinen, resp. auch Transversalen, auch noch im fertigen Zustand des ausgebildeten Zellwandgerüstes, wie z. B. am Holzquerschnitt, an vielen Drüsenhaaren, an manchen Algen (z. B. Coleochaete scutata) u. a.

Die Klarheit, welche durch das von mir festgestellte Princip in die Gestaltungsvorgänge des Pflanzenreichs eingeführt wird, lässt mich hoffen, dass es gelingen wird, dasselbe auch auf zootomischem Gebiet zur Geltung zu bringen, obgleich mir nicht bekannt geworden ist, ob dies jemand in den 12 Jahren seit dem Erscheinen meiner genannten Abhandlungen versucht hat. Man wird es daher wohl entschuldigen, wenn ich als Botaniker wage, selbst auf Objecte zootomischer Natur hinzuweisen, an denen mein Princip der rechtwinkligen Schneidung leicht zu erkennen ist.

Um jedoch ein etwaiges Missverständniss im Voraus zu beseitigen, bemerke ich, dass es sich im Princip durchaus nicht um die festen Zellwände, sondern nur um die Theilungsrichtungen handelt; wo ich bei pflanzlichen Geweben von Zellwänden, Theilungswänden u. s. w. rede, wird bei den thierischen Objecten also von Theilungsrichtungen zu reden sein. Es ist ein mir sehr angenehmer Umstand, dass ich mich betreffs der anzuführenden Beispiele und Belege auf die Abbildungen und den Text des ausgezeichneten „Lehrbuchs der Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere“ von Oscar Hertwich (1890) berufen kann.

Letzteres muss nun aber durch einfache Nennung der Figuren nach der 3. Auflage des genannten Werkes geschehen, da genauere Nachweisungen nur mit Hilfe der Figuren selbst möglich wären. Vielleicht ist es mir vergönnt, im nächsten Heft der „Arbeiten“ dies wirklich zu thun; in dieser vorläufigen Mittheilung wünsche ich nur die Aufmerksamkeit auf die Sache zu lenken; ohnehin wird jeder, der meine genannten Abhandlungen sorgfältig gelesen und das Princip richtig aufgefasst hat, die hier zu citirenden Figuren Oscar Hertwigs auf das Princip zurückzuführen wissen.

Dass der Furchungsprocess der thierischen Eier in seinen verschiedensten Formen dem Princip der rechtwinkligen Schneidung der Theilungsflächen durchaus entspricht, lehrt nicht nur der von Hertwig gegebene Text im 3. Kapitel, sondern ganz besonders die Figuren 30, 31, 32, 33, 35, 36.

Noch wichtiger scheinen mir die folgenden Figuren, in denen das Princip bei der beginnenden Organbildung des thierischen Embryos, ähnlich wie bei der Organbildung der Pflanzen hervortritt. Ich citire folgende Figuren: 41—44 (Gastrula des Amphioxus), 48, 58, 65, 66 (besonders diese beiden sind überaus lehrreich), 68, 69, 70, 71, 72 (die fünf letzten, die beginnende Organbildung bei Amphioxus betreffend, zeigen den Verlauf von Periklinen, Antiklinen und Transversalen), 73, 74, 109, 118, 137, 169, 185 (diese Figuren nur theilweise), 189.

Wenn in vielen dieser Figuren das Princip nicht so deutlich hervortritt, wie in meinen Bildern (l. c.), so lässt sich dafür genügende Erklärung geben: 1. Diese Figuren sind offenbar ohne Rücksicht auf das Princip gezeichnet, was ja auch bei den älteren Zellnetzen von pflanzlichen Embryonen und Vegetationspunkten der Fall war, bis durch Auffindung des gesetzmässigen Verlaufs der Peri- und Antiklinen die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche in den Zellnetzen gerichtet wurde. Dass aber die Figuren trotzdem das Princip erkennen lassen,

beweist nur desto mehr, dass es vorhanden ist. 2. Die Beziehungen zwischen Zelltheilungen und Wachsthum bei der Organbildung thierischer Embryonen sind offenbar viel complicirter, als bei den Pflanzen; innerhalb der peripherischen Schichten drängen und drücken die Organe einander; Aehnliches kommt bei den Pflanzen in der secundären Rinde der Holzpflanzen vor, wo ebenfalls infolge des Druckes, den das Holz auf die Rinde übt, die Zellenanordnung in dieser bis zur Unkenntlichkeit des Princips gestört wird. 3. Die einzelnen Zellen der thierischen Embryonen beginnen, wie die Figuren zeigen, frühzeitig ein individuell verschiedenes Wachsthum, ebenso sind die einzelnen Gewebeschichten frühzeitig schon differenzirt, was bei den Pflanzen viel später eintritt; dadurch wird das Princip bei jenen früher unkenntlich.

Bei meiner mangelhaften Kenntniss der thierischen Histologie muss ich es den Zootomen überlassen, die aus dem Princip der rechtwinkligen Schneidung hervorgehenden Gestaltungsprocesse zu verfolgen und klarzulegen; es ist auch wohl nicht unwahrscheinlich, dass manche einfach gebaute, niedere Thiere eine grössere Uebereinstimmung mit den pflanzlichen Vorgängen ergeben würden, wenn man nur darnach suchen wollte.

Die letzten Jahre haben gezeigt, welche wichtige Resultate durch Vergleichung der pflanzlichen und thierischen Befruchtungsvorgänge und des Verhaltens des Zellkerns bei der Theilung in beiderlei Organismen zu gewinnen waren. Zu den Gestaltungsvorgängen von ganz fundamentaler Wichtigkeit gehört aber ohne Zweifel auch alles das, was die Beziehungen der Anti- und Periklinen zu der Entstehung und dem Wachsthum der jungen Organe betrifft, und ich glaube, dass, wenn einer der jüngeren Zootomen sich dazu herbeilassen wollte, meine genannten Abhandlungen sorgfältig zu studiren und die dort dargelegten Beziehungen zwischen Zellbildung und Wachsthum (Gestaltung, Organbildung) auch an thierischen Objecten nachzuweisen, dass da abermals wesentliche und fundamentale Uebereinstimmungen von Thieren und Pflanzen zu finden wären.

Gegenüber der Prosa des Zuchtwahlprincips führen derartige Forschungen zu den tiefen Grundlagen des organischen Gestaltungsprocesses.

Würzburg, 10. December 1891.

Fortsetzung folgt.

Nachschrift zu dem vorstehenden Aufsatz.

Der Herausgeber dieser Zeitschrift, Herr Prof. Goebel, hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass meine genannten Ab-

handlungen über das Princip der rechtwinkligen Schneidung der successiven Zelltheilungsflächen doch nicht so unbekannt geblieben sind, wie ich glaubte annehmen zu sollen, und dass namentlich Prof. A. Rauber sich darüber ausgesprochen habe, dass auch bei thierischen Objecten Aehnliches zu beobachten sei. In meiner Sammlung von Separatabdrücken finde ich nun mit eigenhändiger Widmung des Herrn Verfassers eine Abhandlung „Thier und Pflanze", Akademisches Programm von Dr. A. Rauber (Leipzig 1881). Gerade in jener Zeit (1881) war ich mit der Bearbeitung meiner „Vorlesungen" vollauf beschäftigt und in den folgenden Jahren von schweren Leiden heimgesucht, wodurch wohl zu entschuldigen ist, dass ich Rauber's Abhandlung ganz übersehen, daher auch in den „Vorlesungen" nicht citirt habe.

Hier möchte ich nur noch kurz hinzufügen, dass das von mir aufgestellte Princip durchaus nichts zu thun hat mit Hofmeister's Ansicht, wonach die neuentstehenden Zellwände senkrecht stehen sollen auf der Wachsthumsrichtung, vielmehr wird diese Ansicht durch mein Princip als eine gänzlich verfehlte beseitigt. — Schliesslich erlaube ich mir, auf die Anmerkung S. 458 meiner „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie (Leipzig 1887) hinzuweisen.

Leguminosae novae v. minus cognitae austro-americanae.

Auctore

Dr. P. Taubert.

(Cum tab. III.)

II.

Ausser den bereits in meiner ersten Publication über neue oder wenig gekannte südamerikanische Leguminosen in dieser Zeitschrift (Bd. 1889 S. 421 ff.) angeführten Sammlungen erhielt ich durch die Güte des Herrn Prof. Dr. A. Peter noch die im Göttinger Herbarium aufbewahrten Leguminosen zur Bearbeitung, welche Herr Prof. Dr. W. Schwacke im Jahre 1882 im Amazonasgebiete bei Manáos sammelte. Ausserdem stellte mir Herr Prof. Dr. W. Schwacke selbst eine Reihe interessanter und seltener Arten zur Verfügung. Beiden Herren spreche ich an dieser Stelle für ihre Liebenswürdigkeit meinen besten Dank aus.

Mimosoideae - Ingeae.

Inga *Willd.*

I. bullata *Benth.* Die von Bentham in Hook. London Journ. IV, p. 607 und Fl. brasil. XV, 2, p. 470 für diese Art mitgetheilte Beschreibung passt nicht genau zu den Riedel'schen Originalexemplaren des Petersburger Herbariums, welche durch mehr als 3″ (10 cm) lang gestielte Inflorescenzen ausgezeichnet sind, während Bentham nur kaum ½″ lange Pedunculi angibt. Dagegen stimmen dieselben völlig überein mit der Diagnose der in Fl. brasil. XV, 2, p. 470 aufgestellten *I. campanulata* Benth., die sich von *I. bullata* Benth. durch etwas andere Blattform, länger gestielte Inflorescenzen und hellgelbe Blüthen unterscheiden soll. Schon der Autor selbst vermuthete (l. c. p. 471 und Transact. of the Linnean Soc. XXX p. 607), dass *I. campanulata,* sobald instructiveres Material, als ihm zu Gebote stand, vorhanden sein würde, sich vielleicht nur als Varietät der *I. bullata* erweisen werde. In der That lehren die mir vorliegenden von Riedel, Pohl und Glaziou gesammelten Exemplare, dass zwischen *I. bullata* und

I. campanulata kein specifischer Unterschied existirt, ja letztere nicht einmal als Varietät der ersteren betrachtet werden kann. Blattform, Stellung und Länge der Pedunculi sind selbst an Exemplaren, die augenscheinlich von demselben Individuum stammen, sehr veränderlich; der einzige Unterschied zwischen beiden läge somit nur in der Blüthenfarbe, die bei *I. bullata* (nach Riedel) weiss, bei *I. campanulata* (nach Burchell) hellgelb sein soll; abgesehen davon, dass dieses Unterscheidungsmerkmal unwesentlich ist, möge darauf hingewiesen werden, dass das Gelblichwerden weisser Blüthen im späteren Stadium eine häufige Erscheinung ist. Es ergibt sich daher, dass *I. campanulata* Benth. als Synonym zu *I. bullata* Benth. zu stellen und die Diagnose der letzteren in folgender Weise zu erweitern ist:

I. bullata Benth. (syn. *I. campanulata* Benth. Fl. brasil. XV, 2, p. 470). Rufo-hirsuta; petiolus nudus; foliola 2—3-juga, breviter petiolulata, ampla, ovali-oblonga v. obovato-oblonga, apice acuminata, supra glabrata nitidula, subtus hirtella; pedunculi plerumque axillaribus nunc brevioribus nunc longioribus; calyx ample campanulatus, glaber, parum brevior quam corolla, apice setulosa; tubus stamineus breviter exsertus.

In descriptione l. c. emendetur: Pedunculi usque ad 10 cm longi, axillares v. interdum e ramis defoliatis erumpentes.

Habitat in Brasiliae provincia Rio de Janeiro in silvis umbrosis pr. Mandiocca: Riedel; in silvae Macahé locis humidis: Riedel n. 440; Serra dos Orgaōs: Burchell n. 2556; locis non indicatis: Pohl; Glaziou n. 9400.

var. glabrescens *Taub.* var. nov. Differt a typo ramulis foliolisque novellis rufo-hirsutis, mox glabrescentibus, adultis glaberrimis.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 10 580.

Calliandra *Benth.*

C. Schwackeana *Taub.* sp. n. (Sect. *Macrophyllae* Benth.) Glaberrima; pinnae 1-jugae; foliola 1½-juga, ovato-lanceolata, subacuminata, uninervia; inflorescentiae e foliorum delapsorum axillis, brevissime pedunculatae, multiflorae; corolla uti calyx apice puberula, tubo stamineo paullo brevior; ovarium glabrum.

Arbuscula ramis teretibus glabris cortice albido v. albido-cinereo. Stipulae non observatae. Petiolus communis crassus, 3—4 mm longus, apice glandulifer; pinnarum rhachis ca. 20 mm longa, apice glandulifera; foliola 1½-juga petiolulis ca. 2 mm longis crassis, basi obliqua acutiuscula, terminalia 6—14 cm longa, 1,5—5 cm lata,

lateralia fere dimidio minora, subcoriacea, glaberrima, supra subnitidula, in sicco atrovirentia, subtus opaca, rubiginosa, longitudinaliter uninervia, utrinque reticulato-nervosa. Inflorescentiae pedunculo 2 mm longo. Flores albi; calyx 1 mm longus, vix dentatus, apice puberulus; corolla tubulosa, leviter striata, praeter apicem puberulum glabra, 7 mm longa; tubus stamineus breviter exsertus. Ovarium glabrum sub lente valida rugulosum.

Habitat in Brasilia boreali prope Manáos: Schwacke n. III, 297; Glaziou n. 13793. — Floret m. Aprili.

Obs. Species inter omnes *Macrophyllas* Benth. brasilienses foliolis uninerviis distincta *C. umbrosae* Benth., Indiae orientalis incolae, haud dissimilis.

C. cinerea *Taub.* sp. n. (Sect. *Nitidae* Benth. ser. *Unijugae* Benth.) Ramuli juniores, petioli, pinnarum rhachides, inflorescentiae, flores villosula; pinnae unijugae; foliola multijuga, brevissime petiolulata, lineari-oblonga, utrinque glabra, margine parce hispidulo-ciliata, subtus lepidoto-cinerea; inflorescentiae axillares v. ad apices ramulorum fasciculatae, pedunculatae; flores brevissime pedicellati; corolla calyce striatulu plus quam triplo longior, tubum stamineum superans. Ovarium glabrum.

Frutex? ramulis teretibus, leviter striatis, junioribus villoso-puberulis, adultis glabris cortice pallide brunneo rimuloso. Stipulae ad ramos abbreviatos ramentaceae, lanceolatae, striatae, ca. 5 mm longae, villoso-puberulae. Petioli communes 3—10 mm, pinnarum rhachides ± incurvae 20—35 mm; foliola 12—25-juga, brevissime petiolulata, lineari-oblonga, 5—8 mm longa, 1,5 mm lata, apice acutiuscula, basi obliqua, inaequilatera, chartacea, utrinque glabra, margine pilis remotis longioribus minoribusque subhispidula, supra vix nitidula, in sicco atrovirentia, sub lente valida verruculosa, subtus lepidoto-cinerea, utrinque costa nervisque parum prominulis. Pedunculi 5—20 mm longi, striati, villosuli. Capitula multiflora; calyx 1,5 mm longus, leviter villosulus, in sicco striatulus, sub lente valida verruculosus; corolla 5 mm longa parce villosula, in sicco vix striatula; stamina ca. 15 corollam plus quam 4plo superantia. Ovarium glabrum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non citato: Glaziou n. 12639.

Obs. Species *C. brevipedi* Benth. affinis, sed indumento, pinnis longioribus, foliolis subtus cinereis, floribus villosulis pedicellatis statim distinguenda.

C. Glaziovii *Taub.* sp. n. (Sect. *Nitidae* Benth. ser. *Sericiflorae* Benth.)

Ramuli puberuli, demum glabrescentes; petioli et pinnarum 2-jugarum rhachides villosula; foliola multijuga, lineari-oblonga, apice mucronulata, supra glabra nitidula, subtus adpresse sericea; inflorescentiae axillares v. ad ramulorum apices fasciculati, pedunculis brevibus (rarius nullis) villosis; flores sessiles; calyx puberulus apice ferrugineo-pubescens, leviter striatus; corolla extus subsericea, calyce duplo longior, tubum stamineum includens; ovarium glabrum.

Frutex? ramulis teretibus crassiusculis densiuscule puberulis demum glabrescentibus, cortice lenticellis consperso brunneo, longitudinaliter rimuloso. Stipulae rigidae persistentes lanceolatae, ad 10 mm longae, v. nonnullae in ramulis abbreviatis ramentaceae ovato-lanceolatae minores, striatae, leviter pubescentes, demum subglabrae. Petioli communes 20—50 mm longi, supra leviter canaliculati, villosuli, basi pilis longioribus albis pubescentes, supra medium pinniferi. Pinnae 2- (rarius 1-) jugae, rhachide 60—90 mm longa; foliola 25—30-juga, lineari-oblonga, 10—19 mm longa, 2,5—3 mm lata, basi valde obliqua, inaequilatera, rigidula, leviter reticulata, subtus pilis longis albis adpresso-sericea. Pedunculi crassiusculi 15—20 mm longi, rarius nulli, albo-villosi. Bracteae ca. 1,5 mm longae, striatae, longiuscule pilosae. Calyx breviter 5-dentatus, 4,5—5 mm longus, puberulus, dentibus ± ferrugineo-pubescentibus. Corolla 10 mm longa, extus pilis adpressis albis subsericea, apice ferrugineo-pubescens. Stamina numerosa corollam fere 5plo longiora. Ovarium glabrum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 12640.

Obs. Species pulcherrima ab affini *C. abbreviata* Benth. foliolis multijugis minoribus subtus albo-sericeis calyceque longiore primo intuitu diversa.

Mimosoideae-Eumimoseae.

Mimosa *L.*

M. dryandroides *Taub.* sp. n. (Sect. *Eumimosa* Benth. ser. *Pedunculosae* Benth.) Ramuli petioli rhachidesque strigosa; foliola 15—20-juga, oblongo-linearia, mucronulata, basi obliqua, margine revoluta, rigida, supra nitida, subtus albo-tomentosa; pedunculi axillares, folio breviores, strigoso-pubescentes; flores 4-meri, corolla

argenteo-subsericea calyce plus quam duplo longiore; legumen mucronatum, marginibus incrassatis, pubescens et strigosum.

Frutex? erectus inermis ramulis teretibus suberectis praecipue junioribus brevissime puberulis et dense strigosis. Stipulae lanceolato-subulatae, 3,5—4 mm longae, strigosae. Folia unijuga petiolo communi 2—4 mm longo dense strigoso, pinnarum rhachide 30—60 mm longa dense strigoso-pilosa; foliola 15—20-juga, sessilia, oblongo-linearia, 7 mm longa, 2,5 mm lata, apice mucronulata, basi valde obliqua, margine in sicco revoluto ciliata, rigida, supra nitida, in sicco obscure viridia subbullata, obsolete nervosa, subtus albotomentosa, ad costam satis excentricam pilis longis fulvis ± pubescentia, nervis inconspicuis. Pedunculi axillares 15—20 mm longi, pilis fulvis adpressis strigoso-pubescentes; alabastra oblonga, 7 mm longa, 5 mm lata, argenteo-subsericea; bracteae corolla breviores. Capitula cum staminibus 12—14 mm longa, ca. 18 mm lata; flores 4-meri, 8-andri, in sicco rosei. Calyx multipartitus pappiformis; corolla calyce plus quam duplo longior, extus argenteo-subsericea. Legumen lineari-oblongum, apice mucronatum, marginibus incrassatis, brevissime pubescens denseque fulvo-strigosum, in exemplaribus nostris nondum maturum ca. 20 mm longum, 4,5 mm latum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 11 922.

Obs. Pinnae hujus speciei elegantis, inter omnes *Pedunculosas* Benth. foliolis albo-tomentosis distinctae, simillimae sunt foliis *Dryandrae mucronulatae* R. Br. inter *Proteaceas*.

M. adenophylla *Taub.* sp. n. (Sect. *Habbasia* Benth. ser. *Leptostachyae* Benth.) Fruticosa ramulis petiolisque sparse recurvo-aculeatis et ut foliolorum pagina inferior, inflorescentiae floresque glanduloso-lepidotis; pinnae 4—6-jugae; foliola 10—28-juga, lineari-oblonga, praeter costam enervia, supra glabra, opaca, subtus pallida; spicae graciles terminales et axillares, folia superantes, multiflorae; flores 4-meri, 8-andri; calyx minutissimus uti corolla praeter glandulas glaber; ovarium villosum.

Frutex altitudinis ignotae; rami petiolique subangulati densiuscule glandulis minutis aureis leviter lepidoti, demum subglabrescentes et insuper aculeis sparsis in ramis longioribus, in petiolis minoribus, recurvis armati. Stipulae lanceolato-subulatae, 3,5—4 mm longae, glanduloso-lepidotae. Folia petiolo communi 3—6 cm longo, 10—15 mm supra insertionem foliifero; pinnae 4—6-jugae, 15—50 mm longae, ab apice ad basin decrescentes, rhachide praeter

glandulas puberula, ± incurvata, fere a basi foliifera; foliola in pinnis infimis 10—12-, in summis 24—28-juga, sessilia, maxima 6—7 mm longa, 2 mm lata, minima 1,5 mm longa, 0,5 mm lata, leviter falcata, apice rotundata, saepius minutissime mucronulata, basi obliqua truncata subauriculata, chartacea, supra in sicco nigricantia opaca, sub lente valida minute denseque verruculoso-punctulata, enervia, subtus pallida glandulis copiosis conspersa, ad costam subcentralem prominentem et marginem (sub lente) pilis singulis instructa. Spicae graciles terminales et in axillis foliorum supremorum solitariae vel geminae, inflorescentiam foliatam 6—9 cm longam efficientes, floriferae ad 12 cm longae, densiflorae, basin versus ± remotiflorae. Bracteae vix ¾ mm. Flores sessiles, calyce bracteis breviore; corolla campanulata, sepalis ovatis apice acutiusculis nervo medio distincto, vix 1,5 mm longa, extus glandulis paucis minutis aureis conspersa; stamina petalis 5—6plo longiora. Ovarium brevissime stipitatum, albo-villosum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 12645.

Obs. Species ab affini *M. pteridifolia* Benth. primo intuitu differt aculeis, pinnis paucioribus, foliolis majoribus praeter glandulas subglabris, calyce non tomentoso.

M. brachystachya *Taub.* sp. n. (Sect. *Habbasia* Benth. ser. *Leptostachyae* Benth.) Frutex parce aculeatus ramis junioribus, petiolis inflorescentiis brevissime puberulis; pinnae 2—3-jugae; foliola 4—6-juga, oblonga vel obovato-oblonga, apice rotundata, basi obliqua, glaberrima, reticulato-nervosa; spicae breves terminales et in axillis superioribus, inflorescentiam amplam multifloram formantes, pedunculis plerumque verticillatis, densiflorae; flores 3-meri, 6-andri; corolla calycem minutum 3plo superans; ovarium glabrum.

Frutex elatus ramis teretibus aculeis raris recurvis armatis, junioribus brevissime puberulis, adultis glabris. Stipulae lanceolato-subulatae, 4 mm longae, subglabrae. Folia petiolo communi supra canaliculato 5—10 cm longo, 2,5—5 cm supra basin foliifero; pinnae 2—4 cm longae, 2—3-jugae, rhachide puberula prope basin brevissime stipellata, ca. 8—10 mm supra basin foliola gerente; foliola 4—6-juga, brevissime (¾—1 mm) petiolulata, oblonga vel obovato-oblonga, apice rotundata saepius minutissime mucronulata, basi obliqua rotundata, inaequilatera, 10—20 mm longa, 5—10 mm lata, tenuiter chartacea, praeter marginem prope basin pilis raris instructum glaberrima, in sicco supra opaca, olivacea, subtus pallida, costa nervisque primariis

flavis supra subplanis, subtus prominulis, utrinque reticulato-nervosa. Spicae terminales et axillares inflorescentiam ultra 50 cm longam efficientes; bracteae lanceolato-subulatae, ca. 2,5 mm longae, deciduae; pedunculi plerumque verticillati, hirtelli, floriferi 12—15 mm longi, medio vel infra medium unibracteolati; spicae floriferae sine staminibus 8—10 mm longae, 4—5 mm latae, basi laxi-, superne densiflorae; prophylla calyce subaequilonga. Flores sessiles calyce 0,8 mm longo; corolla subcampanulata 2,4 mm longa; stamina corollam 4plo superantia. Ovarium glabrum sub lente valida dense verruculoso-punctulatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 12 642.

Obs. Species *M. caesalpiniaefolia* Benth. affinis inter omnes *Leptostachyas* Benth. spicis brevibus distincta.

M. pseudo-obovata *Taub.* sp. n. (Sect. *Habbasia* Benth. ser. *Rubicaules* Benth.) Frutex scandens ramulis petiolis rhachidibusque novellis puberulis, demum glabrescentibus, sparsim recurvo-aculeatis; pinnae 4—5-jugae; foliola 3-juga, oblique obovata, rhachidis basim versus decrescentia, glaberrima; inflorescentia hirta, basi foliata, ramosa; pedunculi villosuli; capitula globosa; flores 3-meri, 6-andri; corolla calycem glabrum fere triplo superans; ovarium glabrum.

Ramuli subquadrangulati olivacei uti petioli rhachidesque striati et ± aculeis sparsis recurvis armati. Stipulae lineari-subulatae, glabrae, cr. 5 mm longae. Folia bipinnata petiolo communi supra canaliculato 10—15 cm longo; pinnae ca. 3 cm distantes, rhachide supra canaliculata 3—5 cm longa; foliola brevissime (vix 1 mm) petiolulata, oblique obovata, apice rotundata subtruncata v. levissime emarginata, basi subacuta v. rotundata v. subcordata, valde inaequilatera, a rhachidis apice basim versus decrescentia, summa 25 mm longa, 20 mm lata, infima fere dimidio minora, chartacea, praeter marginem prope basim parce puberulum glaberrima, supra opaca, subtus pallida, costa nervisque primariis 3 a basi excurrentibus utrinque leviter prominentibus, secundariis obsoletis. Inflorescentia ad 20 cm longa, ramis subpatentibus ad 10 cm longis. Bracteae stipularum forma et longitudine. Alabastra globosa. Capitula florifera pedunculis 12 mm longis hirtis v. villosulis, globosa, diametro vix 10 mm; prophylla subspathulata calyce subaequilonga. Flores 3-meri; calyx campanulatus, $^{3}/_{4}$ mm longus, glaber; corolla vix 3 mm, stamina

ad 10 mm longa. Ovarium sub lente valida dense verruculoso-punctatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia loco non indicato: Glaziou n. 11934.

Obs. Valde affinis *M. obovatae* Benth., a qua differt praeter indumentum foliolis 3-jugis; *M. Ceratonia* L., Indiae occidentalis incola, speciei novae etiam affinis, glabritie, foliolis minoribus, pedunculis aculeatis discrepat.

Mimosoideae-Adenanthereae.

Piptadenia *Benth.*

P. Blancheti *Benth.* **var. Glazioviana** *Taub.* var. nov. A typo ramulis novellis, petiolis brevioribus, rhachidibus pinnarum spicarumque, foliolis subtus ad costam ± dense villoso-pubescentibus diversa. Forsan species propria.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 12647.

P. Schumanniana *Taub.* sp. n. (Sect. *Pityrocarpa* Benth.) Glabra; pinnae 2-jugae rhachide leviter alata; foliola unijuga, anguste elliptica, apice acuta, supra nitidula, subtus pallidiora reticulato-nervosa; spicae axillares folium aequantes vel subaequantes, densiflorae; flores sessiles, calyce corollaque glabro; ovarium longiuscule stipitatum, glabrum.

Arbor? ramulis teretibus glabris cortice leviter verruculoso, transverse rimoso. Stipulae non observatae. Folia petiolo communi in sicco striatulo 20—40 mm longo, supra subcanaliculato, glabro, inter juga glandulifero; pinnae 2-jugae, rhachide glabra, supra marginibus leviter alatis incurvis canaliculata, ad pinnas superiores 10—15 mm, ad inferiores 3—6 mm longa; foliola unijuga, sessilia, anguste elliptica, saepius leviter falcata, 40—70 mm longa, 10—18 mm lata, in pinnis inferioribus minora, apice acuta vel subacuminata, basi angustata inaequilatera subacuta, subcoriacea, utrinque glaberrima, supra nitidula, sub lente valida dense granulata, costa centrali manifesta nervisque leviter prominulis, subtus pallidiora, nervis nervulisque distinctis reticulata. Inflorescentiae spicatae axillares ad 10 cm longae, rhachide glabra densiflora. Bracteae minutae ovatae, vix 0,5 mm longae. Flores sessiles in sicco lutei; calyx glaber breviter 5-dentatus, 1 mm longus; corolla glabra 2,5 mm. Ovarium longiuscule stipitatum glabrum, sub lente valida dense verruculoso-punctatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 13 774.

Obs. Speciem ab affini *P. inaequali* Benth. pinnis 2-jugis, foliolis 1-jugis anguste ellipticis, spicarum rhachide calycibusque glabris statim dignoscendam cl. Dr. K. Schumann, herbarii berolinensis custodi, de flora brasiliensi bene merito dedico.

Caesalpinioideae - Cynometreae.

Cynometra *L.*

C. Glaziovii *Taub.* sp. n. Ramuli juniores subtomentelli, adulti glabri; foliola unijuga, sessilia, ovalia v. oblongo-ovalia, apice obtusa, basi valde obliqua, chartacea, supra subglabra, nitida, subtus pallidiora, praeter costam glabra, utrinque densiuscule prominulo-reticulata; inflorescentiae plerumque ramosae, subtomentellae, multiflorae, panniculam terminalem formantes; pedicelli graciles; alabastra globosa; calyx sepalis obtusissimis tomentellis, petalis paullo brevior; filamenta glabra; ovarium glabrum, stylo subaequilongo glabro.

Arbor parva videtur. Ramuli teretes, juniores pilis in sicco dilute ferrugineis subtomentellis, adultis glabris cortice nigro-cinereo lenticelloso. Stipulae e basi dilatata lanceolatae, ca. 3 mm longae, mox caducae. Folia petiolo communi tereti, ferrugineo-tomentello, 3—10 mm longo; foliola unijuga, inaequilatera, 10—15 mm longa, 7—20 mm lata, supra basi atque ad costam subtomentella, hinc inde insuper pilis singulis instructa, subtus praeter costam tomentellam, rarius glabrescentem glabra, subopaca, utrinque nervis eleganter densiuscule reticulata et sub lente valida punctulis copiosissimis parum elevatis conspersa. Inflorescentiae ramosae, rarissime simplices, ex axillis foliorum v. bractearum caducissimarum, panniculam ± foliatam ca. 5—8 cm longam efficientes, pilis dilute ferrugineis subtomentellae; pedicelli ferrugineo-tomentelli, floriferi ± 5 mm longi, prope medium prophylla 2 caducissima ferentes, sub calyce obconice incrassati. Alabastra diametro 1,5—2 mm. Calyx sepalis 4 suborbicularibus, diametro vix 3 mm, extus ferrugineo-tomentellis, intus glabris, per anthesin reflexis; petala basin versus angustata. Ovarium brevissime stipitatum, obovatum, sub lente valida leviter rugulosum, glabrum, basi pilis hyalinis paucis instructum, 2-ovulatum, stylo oblique inserto glabro. Legumen ignotum.

Habitat in Brasiliae prov. Minas Geraës loco non indicato: Glaziou n. 13725, 14617.

Obs. Habitu *C. bauhiniaefoliae* Benth., sed foliolis eleganter reticulatis nitidis et ovario glabro facile distinguenda.

Caesalpinioideae-Amherstieae.

Goniorrhachis *Taub.* gen. nov.

[Tab. III.]

Calyx tubo discifero subcylindrico, segmentis 4 imbricatis ovatis obtusis, infimo exteriore; petala 5, libera, calycis summo tubo inserta, imbricata, subaequalia, obovata v. oblongo-obovata, basi in unguem brevem angustata, margine sinuato-undulata, summo intimo; stamina 10, 5 longiora, 5 paullo breviora, filamentis liberis, summo tubo insertis, glabris, longioribus petala paullo superantibus; antherae dorsifixae, uniformes, anguste ovales, loculis longitudinaliter dehiscentibus; ovarium stipitatum, stipite calycis tubo unilateraliter adnato, pluriovulatum; stylus filiformis ovario brevior, stigmate parvo terminali vix dilatato. Legumen ignotum.

Frutex ramosus stipulis caducissimis. Folia petiolata abrupte pinnata; foliola 2-juga, brevissime petiolulata, oblique ovalia v. oblonga, apice obtusa, basi inaequilatera, margine integro nervo crasso cincta, chartacea, glaberrima, reticulato-nervosa. Inflorescentiae ad ramulorum apices fasciculatae, basi bracteis suffultae, spicatae, rhachide repetito-geniculata, pauciflorae. Bracteae suborbiculatae, demum deciduae. Flores subdistichi mediocres, basi prophyllis 2 alternantibus crassis, orbiculari-ovatis, concavis, per anthesin persistentibus inclusi, oblique zygomorphi, albi (t. Glaziou).

Genus ad Amherstieas pertinens valde affine Peltogynae Vog., sed foliolis bijugis, inflorescentia, floribus oblique zygomorphis, ovario pluriovulato, glandulis et in foliis et in petalis deficientibus diversum.

G. **marginata** *Taub.* sp. n. Frutex ramis teretibus glabris cortice nigrescenti-cinereo v. in junioribus subbadio, lenticellis numerosis consperso obtectis. Stipulae non observatae. Petiolus communis teres, 25—30 mm longus, basi incrassatus, glaberrimus, in sicco leviter longitudinali-rugulosus. Foliola 2-juga, jugis ca. 15 mm distantibus, petiolulo vix $^1/_2$ mm longo v. subnullo, oblique ovalia v. oblonga, 20—50 mm longa, 10—22 mm lata, apice obtusa, rarius subacuta v. subacuminata, basi acuta v. subacuta, marginata, margine exteriore ad petiolulum decurrente, integra, chartacea, in sicco $\pm$ undulata, utrinque glaberrima, costa nervisque reticulatis prominentibus, supra nitidula, subtus subopaca. Spicae 3—5 fasciculatae, a basi flori-

ferae, rhachide ferrugineo-tomentosa ad 30 mm longa, 5—9-flora. Bracteae orbiculari-ovatae, ca. 2 mm longae, ferrugineo-tomentosae, per v. post anthesin basi persistente caducae; prophylla orbiculari-ovata, ca. 3 mm longa, apice ± obscure mucronulata, concava, dorso leviter carinata, extus ferrugineo-tomentosa, intus glabra. Alabastra ovata. Calyx tubo 4 mm longo, segmentis ovatis obtusis 5—6 mm longis, 4 mm latis, extus incano-tomentosus, intus glaber. Petala obovata v. oblongo-obovata, basi in unguem 1—1,5 mm longum angustata, cum ungue ca. 11 mm longa, 6 mm lata, glabra, margine sinuato-undulata, alba (t. Glaziou). Filamenta longiora ca. 12 mm, breviora ca. 8 mm longa, glabra v. basi parcissime pilosa. Ovarium oblongum, albido-villosum, stipite ca. 4 mm longo fere usque ad apicem calycis tubo adnato, stylo inferne parce piloso, superne glabro coronatum, ad 15-ovulatum. Legumen novellum albido-villosum.

Habitat in Brasiliae provincia Rio de Janeiro in monte Corcovado: Glaziou n. 13726.

Caesalpinioideae-Bauhinieae.

Bauhinia *L.*

B. Glaziovii *Taub.* sp. n. (Sect. *Pileostigma* Benth.) Rami novelli densissime tomentosi, adulti glabri spinis validis rectis muniti; folia transverse ovalia, breviter biloba, lobis rotundatis, basi subtruncata vel obscure cordata, supra glaberrima, nitidula, dense reticulato-nervosa, subtus leviter ferrugineo-pubescentia, nervis prominentibus; racemi longi laxe multiflori, ad ramorum apices in panniculas amplas divaricatas compositi; alabastra pyriformia, subsericeo-tomentosa; calyx per anthesin breviter 5-fissus; petala obovata, basin versus cuneato-attenuata; stamina omnia fertilia; ovarium dense rutilo-sericeum.

Frutex? altitudinis ignotae. Stipulae non observatae; spinae ca. 15 mm longae. Petioli vulgo 10—20 mm, raro ad 30 vel vix 5 mm longi, supra canaliculati, glabri; folia ad 50 mm longa, 70 mm lata, apice ad $1/6$—$1/3$ longitudinis biloba, basi subtruncata vel ± subcordata, chartacea, subtus pallida, praecipue ad nervos ferrugineo-pubescentia vel adulta subglabra, costa apice in mucronem ca. 2 mm longum producta, nervis primariis utrinque 3, supra uti costa parum, subtus uti secundarii manifeste prominulis. Racemi 15—20 cm longi, tomento denso brevissimo ferrugineo conspersi; bracteae uti prophylla minima, lanceolatae, mox caducae; pedicelli ad 5 mm longi, ferrugineo-tomentosi, prophylla paullo infra calycem gerentes; alabastra 12 mm

longa, 8 mm lata. Calyx ecostatus, 12—13 mm longus, per anthesin apice 5-fissus, sepalis subaequalibus vix 2,5 mm longis; petala 34 mm longa, supra medium 17 mm lata, glabra, in sicco ochroleuca venis fuscis eleganter notata; vexillare basi utrinque auriculatum, fere 5 mm longe unguiculatum; ovarium, interdum rudimentare, stipitatum, pilis rutilantibus dense vestitum, 6-ovulatum, stylo crassiusculo leviter pubescente, sub stigmate obliquo paullo dilatato, ovarium subaequante. Legumen ignotum.

Habitat in Brasiliae provincia Minas Geraës loco non indicato: Glaziou n. 12625, 13738.

Obs. Species habitu *B. reticulatam* DC. africanam revocans certe sectioni *Pileostigma* Benth. hucusque in America nondum observatae, attribuenda.

Caesalpinioideae-Cassieae.

Cassia *L.*

C. zygophylloides *Taub.* sp. n. (Sect. *Absus* Benth. § *Absoideae* Benth.) Fruticosa? ramulis junioribus hirsutis setulisque hispidulis, adultis glabrescentibus. Foliola ad petioli partem superiorem inserta, brevissime petiolulata, ovalia v. oblongo-ovalia, apice rotundata, basi obliqua, utrinque adpresso-pubescentia, prominenti-nervosa. Racemi multiflori terminales et nonnulli axillares inflorescentiam elongatam formantes, ± tomentoso-hirsuti; pedicelli suberecti. Calyx sepalis subpetaloideis oblongis, velutinus; petala subaequalia, sepalis dimidio longiora. Ovarium villosum, stylo superne glabro.

Frutex erectus videtur. Ramuli teretes, striati, praesertim juniores breviter hirsuti setulisque intermixtis hispiduli, adulti glabrescentes. Stipulae setaceae, 1,5—2 mm longae, subpersistentes. Petiolus communis gracilis, plerumque 3,5 cm longus, leviter patenti-hirsutus, supra setoso-hispidulus, in sicco striatulus, foliola prope apicem tantum gerens. Folia bijuga, juga inter sese ca. 5 mm distantia; foliola petiolulo 1 mm longo, ovalia, oblongo- v. orbiculari-ovalia, 12—20 mm longa, 10—13 mm lata, apice rotundata, rarius obsolete emarginata, basi obliqua rotundata, subchartacea, utrinque, subtus densius, adpresse aureo-pubescentia, supra sub lente valida minutissime punctata, utrinque costa nervique primarii manifeste, secundarii minus distincte prominuli. Racemi laxe multiflori, rhachide 10—15 cm longa, pilis aureis inferne ± tomentoso-hirsuta, superne dense tomentoso-velutina, terminales atque nonnulli in axillis foliorum superiorum erumpentes inflorescentiam elongatam basi foliatam effi-

cientes. Bracteae setaceae, vix 2 mm longae, uti pedicelli suberecti 12—15 mm longi medio prophylla 2 alterna lanceolata vix 1,5 mm longa subpersistentia gerentes aureo- v. albido-velutinae. Alabastra ovalia. Calyx aureo-velutinus, sepalis subpetaloideis oblongis obtusis, 7 mm longis, 3 mm latis. Petala subaequalia oblongo-obovata, basi in unguem brevissimum cuneatim attenuata, sepalis dimidio longiora. Stamina 10 perfecta, filamentis vix 3/4 mm, antheris subaequalibus 3 mm longis. Ovarium sessile, albido-villosum, stylo duplo longiore inferne parce puberulo superne glabro. Legumen novellum albo-villosum.

Habitat in Brasilia loco non indicato: Glaziou n. 12619.

Obs. Species alabastris floribusque iis *Zygophylli Fabaginis* L. haud dissimilibus ab affini *C. viscosa* H. B. K. indumento, petiolorum longitudine, foliolorum forma primo intuitu distinguenda.

Caesalpinioideae-Sclerolobieae.

Sclerolobium *Vog.*

S. Glaziovii *Taub.* sp. n. Foliola 2—3-juga, plerumque obovato-oblonga, apice breviter acuminata, supra glaberrima, nitida, subtus pube densissima sericeo-nitente; inflorescentiae densiflorae panniculatim dispositae foliis multo longiores; flores sessiles; calyx sepalis utrinque cinereo-pubescentibus; petala filiformia; filamenta praecipue ad basim longe hirsuta; ovarium ferrugineo-hirsutum.

Arbor? ramulis validis angulosis glabris cortice sordide flavo-brunneo. Stipulae 3—5 mm longae petiolatae, foliolorum forma consistentia colore sed multo minoribus, 10—16 mm longae, 4—8 mm latae. Petiolus communis semiteres, supra canaliculatus, 25—75 mm longus, glaber; foliola 2—3-juga, petiolulis 3—5 mm longis, obovato-oblonga, rarius oblonga, apice breviter acuminata, basi acuta v. praecipue ea summi jugi in petiolulum crassum cuneato-angustata, 35—65 mm longa, 18—28 mm lata, coriacea, supra costa profunde impressa nervisque primariis prope costam manifeste immersis marginem versus evanidis, subtus pube brevissima densissimaque sericeo-nitentia, costa crassa, nervis solemniter prominentibus prope marginem vero evanescentibus. Spicae densiflorae in panniculam amplam folia multo superantem dispositae, pilis sparsis adpressis v. subpatentibus pubescentes; bracteae caducissimae, non observatae. Flores sessiles; calyx sepalis obtusis 4 mm longis, 2,5 mm latis, tubo multo longioribus, utrinque incano-pubescentibus; petala filiformia, pilis longis aureis hirsuta; filamenta aureo-hirsuta apicem versus gla-

brescentia. Ovarium breviter stipitatum, badio-hirsutum, stylo subglabro. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia loco non indicato: Glaziou n. 13735.

Obs. Ab affini *S. chrysophyllo* Poepp. et Endl. praecipue foliolis paucijugis petalisque hirsutis, a *S. hypoleuco* Benth. foliolorum nervatione floribusque sessilibus diversa.

Caesalpinioideae-Tounateae.

Tounatea *Aubl.* (Swartzia Schreb.)

T. acuminata *Taub.* **var. puberula** *Taub.* var nov. Differt a typo foliolis subtus, praecipue ad costam puberulis.

Habitat in Brasilia boreali pr. Manaós: Schwacke n. III, 329; Glaziou n. 13771. — Arbor floribus albis; floret m. Majo. — Nom. vern.: araba (t. Schwacke).

T. theïodora *Taub.* sp. n. (Sect. *Pteropodae* Benth.) Ramuli juniores inflorescentiaeque mollissime velutina; foliola 11—17, oblonga, utrinque velutina, supra demum glabrescentia; racemi elongati, multiflori; stamina majora 4, filamentis glabris; ovarium glaberrimum stylo brevissimo.

Frutex videtur ramulis junioribus mollissime velutinis, adultis glabris, cortice flavido-cinerascente lenticellis numerosis consperso. Stipulae subulatae, 3,5—4 mm longae, velutinae. Petiolus communis foliorum juniorum velutinus, adultorum glabrescens, inter juga 5—8 distincte alatus, supra leviter canaliculatus, 5—10 cm longus. Stipellae minutissimae. F liola brevissime (½—¾ mm) petiolulata, 11—17, oblonga, apice obtusa, parce emarginata, basi leviter cordata, margine in sicco vix revoluto, praecipue subtus mollissime velutina, supra demum glabrescentia, nitidula, costa subtus valde prominente, nervis non crebris supra vix, subtus manifeste prominulis, ante marginem conjunctis, chartacea, 2—5 cm longa, 1—1,6 cm lata. Inflorescentiae (terminales?) ramosae amplae ultra 30 cm longae (in sicco) fulvo-velutinae, ramis elongatis plerumque recurvatis flores ultra 50 ferentibus; bracteae lanceolatae, 1—2 mm longae, velutinae; pedicelli floriferi 10—12 mm longi; prophylla minutissima fere ad calycis basin inserta, subpersistentia. Alabastra globosa, diametro 4—6 mm, fusco-velutina. Calyx per anthesin 4-fidus, intus glaber. Petalum subreniforme, unguiculatum, dorso sericeo-pubescens, junius sinuato-dentatum. Filamenta longiora glabra. Ovarium longe stipitatum glaberrimum, stylo brevissimo rostratum, multiovulatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia loco non indicato: Glaziou n. 12607, 13731.

Obs. Species habitu *T. multijugae* Taub., a qua praeter notas alias praecipue filamentis staminum majorum glabris differt; ab affini *T. macrostachya* Taub. primo intuitu ovario glaberrimo longe discrepat. — Florum decoctus odorem gratissimum *Camelliae Theae* Link infusum revocantem spargit.

T. Glazioviana *Taub.* sp. n. (Sect. *Eutounateae* Taub.) Foliola 7—9 oblonga, supra glabra, subtus praecipue ad costam fulvo-pubescentia; inflorescentiae axillares pluriflorae, velutino-pubescentes; stamina majora filamentis glabris; ovarium glabrum, stylo brevissimo uncinato coronato.

Frutex? ramis glabris cortice flavido-cinereo. Stipulae caducissimae non observatae. Petiolus communis 4—6 cm longus, supra canaliculatus, subglaber, ad jugorum 3—4 insertiones, rarius undique, puberulus. Stipellae minutissimae, mox caducae. Foliola 7—9, petiolulis brevissimis (1 mm) parce puberulis, oblonga, apice obtusa v. vix subacuta, leviter emarginata, basi acuta v. subobtusa interdum obliqua, supra nitida, nervis primariis parallelis secundariisque prominulis utrinque eleganter reticulata, chartacea, 10—45 mm longa, 8—20 mm lata. Inflorescentiae axillares simplices, (in sicco) fulvo-velutinae, pluri- (ad 12-) florae, ad 7 cm longae; bracteae valde deciduae, non observatae; pedicelli floriferi 10—15 mm; prophylla minuta in medio pedicello affixa, caducissima. Alabastra globosa diametro ca. 6 mm, fulvo-velutina. Calyx per anthesin laciniis 4 inaequalibus intus fulvo-sericeis. Petalum subreniforme 15 mm longum, 23 mm latum, basi ungue 2 mm longo, sinuato-undulatum, dorso sericeo-pubescens. Stamina majora 4. Ovarium longe stipitatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia loco non indicato: Glaziou n. 9415.

Obs. Ab affini *T. Benthamiana* Taub. longe distat foliolis multo minoribus breviter petiolulatis ovarioque glabro.

Papilionatae-Sophoreae.

Sweetia *Spr.*

S. fallax *Taub.* sp. n. Ramuli glabri; petioli communes, rhachides, pedicelli, calyces ferrugineo-puberula; folia impari-pinnata; foliola brevissime petiolulata, 15—23, ovalia v. suboblongo-ovalia, apice rotundata v. adulta leviter emarginata, basi obliqua subacuta, supra praeter costam vix puberulam glabra, nitidula, subtus pallidiora,

subglabra, nervis primariis supra parce prominulis, subtus fere evanescentibus; inflorescentiae axillares, racemosae, simplices, pluriflorae, foliorum dimidiam subaequantes; calyx turbinato-campanulatus, petala subaequalia, calyce vix longiora, unguiculata; ovarium brevissime stipitatum, ferrugineo-pilosum, stylo subulato glabro.

Frutex? ramulis teretibus, leviter sulcatis, novellis uti gemmae foliiferae sub lente densiuscule ferrugineo-puberulis, adultis glabris, cortice cinereo lenticellis albis consperso. Stipulae caducissimae, non observatae. Petioli communes tenues, supra canaliculati, 50—90 mm longi, ferrugineo-puberuli, demum subglabrescentes. Foliola opposita v. subopposita v. alterna, brevissime (vix 1 mm longi) petiolulata, 15—23, membranacea, 10 — 20 mm longa, 3 — 8 mm lata, apice juniora rotundata, minute mucronulata, adulta leviter emarginata, basi subacuta v. terminalia subcuneata, marginibus in sicco levissime recurvis, supra praeter costam prominentem sub lente parce puberulam glabra, subtus pallidiora, subglabra v. hinc inde praecipue ad costam pilis instructa, nervis primariis subparallelis supra parce prominulis, subtus fere obscuris. Inflorescentiae 50—65 mm longae, 10—25-florae; bracteae deciduae, non visae; pedicelli dense ferrugineo-puberuli, ± 2 mm longi, medium versus prophyllis 2 minutissimis praediti. Calyx pedicellorum indumento, 5-dentatus, cum dentibus acutis tubum subaequantibus fere 3 mm longus; petala subaequalia, rotundato-ovalia, 2—2,5 mm longa, basi in unguem laminam subaequantem angustata, per anthesin reflexa. Stamina petalis vix longioribus. Ovarium 4-ovulatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 14618.

Obs. Valde affinis *S. lentiscifoliae* Spreng., sed primo intuitu foliolorum nervatione racemisque simplicibus brevioribus, foliorum dimidiam vix attingentibus distincte diversa.

Papilionatae-Dalbergieae.

Lonchocarpus *H. B. K.*

L. Glaziovii *Taub.* sp. n. Praeter flores ex omni parte glaber; folia 5-foliolata, foliola ovali-oblonga, apice obtusiuscule acuminata, basi acuta, utrinque prominulo-reticulata, pellucido-punctata; inflorescentiae axillares racemis distantibus sparsifloris composita, folia superantes; calyx subcampanulatus, sinuato-dentatus, dentibus minutis rotundatis, praecipue apicem versus sericeo-puberulus; vexillum dorso argenteo-sericeum; ovarium sericeum, stylo subglabro.

Frutex? ramulis teretibus in sicco ruguloso-sulcatis, cortice olivaceo lenticellis consperso. Stipulae non observatae. Folia pinnata; petioli communes teretes, 9—12 cm longi, juga 2, infimum ca. 5—6 cm, alterum 8—9 cm supra insertionem ferentes; foliola 5, petiolulis crassis supra (in sicco) incrassato-marginatis, 5 mm longis, ovali-oblonga, basi acuta v. terminalia a jugo supremo ca. 2—2,5 cm distantia basi subacuminata, 50—70 mm longa, 25—35 mm lata, terminalia paullo majora, chartacea, supra opaca, subtus pallidiora subnitidula, utrinque sed subtus densius prominulo-reticulata, in sicco laeteviridia, punctis pellucidis instructa. Inflorescentia racemis usque ad 15 alternantibus ca. 50—60 mm longis composita; rhachides praesertim ad racemorum pedicellorumque insertiones subcompressae; bracteae caducissimae non visae; pedicelli singuli alternantes vel gemini oppositi, 5—9 mm longi, glabri vel juniores hinc inde pilis singulis adpressis instructi, summo apice prophylla 2 ovalia, vix 1 mm longa, puberula, margine ciliolata, caducissima gerentes. Calyx dentibus latis minutis, 6 mm longus, apice 5 mm latus, post anthesin apertior (apice 7—8 mm latus), in sicco obscure longitudinaliter striatulus. Vexillum suborbiculatum, 11 mm longum, 10 mm latum, basi in unguem 1,5—2 mm longum angustatum, ecallosum, plicatum, dorso intusque ad apicem dense argenteo-sericeum; alae carinaeque petala semilunato-callosa, longe unguiculatum, vexillo subaequilonga, utrinque leviter argenteo-sericea. Ovarium sessile, praecipue basim versus sericeum, 4-ovulatum. Legumen ignotum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 13680.

Obs. Species habitu *L. virgilioidis* Benth., a quo foliolis pellucido-punctatis floribusque sericeis diversa, ad sectionem *Punctatorum* Benth. pertinet, sed inter omnes huius sectionis species floribus dense sericeis distincta; habitu etiam *Coublandiae fruticosae* Aubl. (*Muellerae moniliformi* L. fil.) similis, sed floribus minoribus sericeis facile distinguenda.

Platymiscium *Vog.*

P. cordatum *Taub.* sp. n. Glabrum; folia trifoliolata, foliolis late ovatis, lateralibus basi obliquis, apice leviter acuminatis, rotundatis vel subemarginatis, obscure mucronulatis, basi cordatis, subchartacea, supra nitida, subtus opaca, utrinque dense reticulata; inflorescentiae terminales, panniculatae, racemis laxe multifloris compositae; calyx pedicello triplo longior; vexillum orbiculatum carinae petalis paullo brevius.

Arbor? ex omni parte glabra, ramulis junioribus in sicco leviter angulatis lenticellis numerosis conspersis, adultis longitudinaliter ruguloso-angulatis, cortice cinereo. Stipulae non observatae. Petiolus communis teres, 20—30 mm longus, in sicco leviter sulcato-striatus. Folia trifoliolata; foliola lateralia petiolulis vix 2 mm longis, terminalia ca. 10 mm longe petiolulata, omnia late ovata, lateralia basi obliqua, apice leviter acuminata, rotundata vel obscure emarginata, costa producta minutissime mucronulata, basi manifeste cordata, marginata, 40—60 mm longa, 35—50 mm lata, terminalia paullo majora, juniora membranacea, demum ± chartacea, supra nitida, subtus opaca, utrinque nervis prominentibus dense et eleganter reticulata. Inflorescentiae ad ramorum apices (saepe subumbellato-) panniculatae, rarius nonnullae axillares, racemis laxe multifloris, ca. 50—70 mm longis compositae; bracteae membranaceae, lanceolatae, vix 1 mm longae, mox caducae; pedicelli 3—4 mm, apice prophylla 2 late ovato-lanceolata, membranacea, vix 1,5 mm longa, diu persistentia gerentes. Calyx subincurvus, campanulato-obconicus, in sicco rugulosus, tubo ca. 10 mm longo, medio 3,5 mm lato, dentibus ovato-lanceolatis, 1 mm longis, 2 superioribus alte connatis. Vexillum orbiculatum, diametro 7 mm, basi in unguem ca. 2,5 mm longum angustatum; alae longe unguiculatae vexillo paullo breviores, carinae petala vexillum paullo superantia. Ovarium glaberrimum, longe stipitatum. Legumen junius oblongum, 56 mm longum, 24 mm latum, basi in stipitem ca. 10 mm longum attenuatum, membranaceum, reticulatum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 12595.

Obs. Species inter omnes brasilienses foliolis cordatis valde memorabilis.

P. piliferum *Taub.* sp. n.. Praeter pedicellos calycesque glabrum; folia pinnata, foliolis 5, ovatis vel oblongo-ovatis, apice obtusiuscule acuminata, basi acuta, submembranacea, supra nitida, utrinque reticulato-nervosa; racemi ad ramorum apices panniculati, multiflori; pedicelli graciles calycem aequantes vel paullo breviores, praecipue ad apicem villosuli; calyx prope basin parce pubescens; vexillum carina paullo brevius.

Arbor? ramulis teretibus vel subcompressis, lenticellis numerosis conspersis, ad foliorum insertiones nodoso-incrassatis, in sicco ruguloso-sulcatis vel subangulatis, cortice ochraceo-cinereo. Stipulae non observatae. Petiolus communis 6—10 cm longus, in sicco leviter sulcato-striatus, supra canaliculatus; folia pinnata, juga a basi

et inter sese 30—40 mm distantia; foliola 5, petiolulis crassis 3—4 mm longis, basi acuta, subacuta, raro subobtusa, marginata, 5—9 cm longa, 2—3,5 cm lata, terminalia paullo majora, a summo jugo 10—20 mm distantia, subtus subnitidula, utrinque prominenti-reticulata. Racemi laxe multiflori, 4—9 cm longi, ad ramorum apices (saepius subumbellato-) panniculati; bracteae uti prophylla minimae, lanceolatae, caducissimae; pedicelli graciles 3—5 mm, praecipue ad insertionem apicemque pilis albis sparsis villosuli. Calyx subincurvus, anguste campanulato-obconicus, prope basin pilis singulis munitus, in sicco rugulosus, tubo 4,5 mm longo, medio 3 mm lato, dentibus late lanceolatis vix 0,75 mm longis, 2 superioribus connatis subtruncatis; vexillum orbiculatum, diametro 7,5 mm, basi in unguem 3 mm longum angustatum, carinae petalis paullo brevius; ovarium glaberrimum longe stipitatum. Legumen junius oblongum, 52 mm longum, 21 mm latum, basi in stipitem ca. 10 mm attenuatum, membranaceum, reticulato-nervosum.

Habitat in Brasilia austro-orientali loco non indicato: Glaziou n. 10553. — Nom. vern. Rabugem (t. Glaziou).

Obs. Species a *P. floribundo* Vog. indumento pedicellorum calycibusque angustioribus paulloque longioribus, ab affini *P. nitente* Vog. foliolorum nervatione manifesta facile distinguenda.

Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes.

Von

C. Correns.

Einleitende Bemerkungen.

So zahlreiche Untersuchungen auch über das Verhalten der höheren Pflanzen bei verminderter Partiaerpressung des Sauerstoffs und im sauerstofffreien Raume vorliegen, sei es, dass dabei das Wachsthum, sei es, dass die Keimung, die Kohlenstoffassimilation, die Plasmabewegung oder noch andere Funktionen in Betracht gezogen wurden, so gibt es doch bis jetzt über das Verhalten reizbarer Organe unter diesen abnormalen Verhältnissen nur eine eingehendere, sich über verschiedene Objekte erstreckende Untersuchung, die von Kabsch[1]) zu Anfang der 60er Jahre publicirt wurde. Ausserdem liegen noch verschiedene mit wenigen Ausnahmen rein beiläufig und nur für bestimmte Objecte gemachte Angaben in der Litteratur zerstreut vor. Das bis 1880 bekannt Gewordene hat Pfeffer[2]) in seinem Handbuche zusammengestellt; seitdem ist nur eine Arbeit[3]) von Bedeutung hinzugekommen.

Kabsch hatte bei seinen Versuchen ein ganz bestimmtes Ziel im Auge. Er glaubte, Thatsachen gefunden zu haben, die im Widerspruch ständen mit der herrschenden Theorie über das Zustandekommen der Reizbewegungen durch Turgorschwankungen. Von sehr unklaren und rohen, für die damalige Zeit jedoch entschuldbaren Vorstellungen über das Wesen des Turgor ausgehend, glaubte er verlangen zu dürfen, eine auf Turgoränderung beruhende Bewegung müsse im luftleeren Raume ebenso gut ausgeführt werden als in der atmosphärischen

1) Kabsch, Ueber die Einwirkung verschiedener Gase und des luftverdünnten Raumes auf die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Botan. Ztg. 1862 S. 341.

2) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 1 S. 380, Bd. 2 S. 277.

3) Wortmann, Studien über geotropische Nachwirkungserscheinungen. Botan. Ztg. 1884 Sp. 705.

Luft. Nun stellte er seine Versuche mit der Luftpumpe an, und als er in allen Fällen bei genügender Luftverdünnung die Reizbarkeit erloschen fand, hielt er sich für berechtigt, mit der alten Theorie völlig zu brechen und eine neue Ansicht über das Zustandekommen der Reizbewegungen aufzustellen. Sie ist, wie bereits Sachs[1]) mit Recht hervorhob, höchst unklar; wir brauchen uns auch nicht mit ihr zu beschäftigen.

Aber Kabsch hat nicht nur aus den Versuchsergebnissen falsche Schlüsse gezogen, die Versuche selbst sind zum Theil sehr misstrauenerregend, sie werden aber immer wieder citirt, weil sie eben die einzigen vorhandenen sind. Auf den Vorschlag meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Geheimrathes Pfeffer, unternahm ich es daher, während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Leipzig, diese und anderweitige einschlägige Angaben nachzuprüfen, sowie das Verhalten einer Reihe von noch nicht untersuchten Objekten im sauerstofffreien oder sauerstoffarmen Raume zu beobachten. Lag doch die Vermuthung nahe, es liesse sich am Ende doch noch im Pflanzenreiche ein Object auffinden, das, wie der Muskel, ohne Sauerstoff auf Reiz reagirt. Wenn ich auch nicht hoffen konnte, auf diesem Wege in die noch ungelösten Geheimnisse des Reizungsvorganges einzudringen, so konnte ich doch Gesichtspunkte zur Charakterisirung der verschiedenen Bewegungen gewinnen. Ich habe jedoch nicht versucht, an der Hand dieser Ergebnisse die mannigfaltigen Erscheinungen zu classificiren, weil ich einen derartigen Versuch für ebenso einseitig halte, wie z. B. eine Classification nach rein äusserlichen Merkmalen.

Kabsch bediente sich bei seinen Versuchen einer zweistiefeligen Ventilluftpumpe und einer einstiefeligen Hahnenluftpumpe. Die Erschütterungen des Recipienten, die beim Pumpen unvermeidlich waren und zur Fehlerquelle werden konnten, wurden durch Trennung des den Recipienten tragenden Tellers von der Pumpe zu vermeiden gesucht, er kam auf einen seitlich stehenden Tisch, die Verbindung wurde durch einen über eine Drahtspirale gezogenen Kautschukschlauch hergestellt. Um den im Recipienten herrschenden Luftdruck zu finden, hat Kabsch einfach das Manometer abgelesen, ohne die Wasserdampftension in Anschlag zu bringen. Da er gewöhnlich nicht besonders für genügende Wassermengen im Recipienten sorgte, so lässt sich

---

1) Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie S. 265 Anm. 2.

die Grösse des hiedurch bedingten Fehlers gar nicht bemessen, ganz abgesehen davon, dass keine Temperaturangaben vorliegen; aber aus demselben Grunde ist der Fehler wohl nicht sehr gross ausgefallen. Jedenfalls war der thatsächlich vorhandene Druck geringer als der angegebene, was bei der Beurtheilung seiner Angaben und der Vergleichung mit den meinen nicht ausser Acht gelassen werden darf.

Wegen der mit abnehmendem Luftdruck steigenden Verdampfung des im Recipienten vorhandenen Wassers konnte durch die Abwesenheit überschüssiger Wassermengen eine beträchtliche Fehlerquelle eingeführt worden sein, besonders wenn das Auspumpen lange Zeit dauerte. Die reizbaren Organe mussten Wasser abgeben und konnten so leicht in einen Zustand der Trockenstarre gerathen, vor allem die Mimosen. Dieser bereits von Dutrochet entdeckte Starrezustand war zu Kabsch's Zeiten freilich noch nicht allgemein bekannt. Und doch hatte er diese Möglichkeit in Rechnung gezogen und einschlägige Versuche mit Berberisblüthen angestellt. Da er aber die eigenthümliche, während des Auspumpens ohne äusseren Anstoss eintretende Reaction ebenso gut, nur bei einem um 5 mm niedrigeren Drucke vor sich gehen sah, wenn er die Blühtenzweige ohne Wasser in den Recipienten hing, als wenn er sie in einem Glas mit Wasser in ihn stellte, so generalisirte er ohne Weiteres diese Ergebnisse und hielt die Transspiration für einflusslos.[1]) Wenn er aber seine Mimose bei genügender Temperatur und bei 2—3 mm Druck untersucht hat, so muss entweder sein Manometer falsch gezeigt haben oder die Wasserdampftension war sehr gering und die Mimose musste trockenstarr geworden sein, bevor sie vacuumstarr wurde. Wahrscheinlich war ersteres der Fall und das Manometer, voraussichtlich ein abgekürztes Barometer, wie gewöhnlich bei Luftpumpen, war unzuverlässig. — Für länger dauernde Versuche reichte nach seinen eigenen Angaben die Dichtigkeit der Verschlüsse des Apparates lange nicht aus, der Recipient musste von Zeit zu Zeit aufs Neue ausgepumpt werden.

Kabsch stellte auch Versuche über das Verhalten reizbarer Organe in verschiedenen Gasen an. Die Art und Weise, seine Objecte in die Atmosphäre zu bringen, deren Wirksamkeit geprüft werden

---

1) Später sagt er freilich bei Gelegenheit der Versuche über die Schlafbewegung, dass hier „wie bei den früheren Versuchen“ für Anwesenheit einer genügenden Menge Wasser gesorgt gewesen wäre, das widerspricht aber seinen früheren Angaben. Wenn es ihm möglich war, den Recipienten bis auf 2—3 mm Druck auszupumpen, so konnte keine Wasserdampfsättigung vorhanden sein. Die Versuche wurden im Sommer angestellt.

sollte, war so primitiv, dass die Resultate nicht den Anspruch auf strenge Beweiskraft machen können. Nachdem nämlich eine Glasflasche mit dem zu prüfenden Gase in gewöhnlicher Weise (unter Wasser) gefüllt und noch unter Wasser verkorkt worden war, wurde dieser Kork „so schnell als immer möglich" mit einem zweiten, vorher ausgesuchten, genau passenden Korke vertauscht, von dem in einer Klemmpincette die Objecte herabhingen. „Es ist dies das Werk eines Augenblickes und die Menge von atmosphärischer Luft, welche während dieser Zeit mit dem Untersuchungsgase diffundiren kann, gewiss so gering, dass sie für diese Untersuchungen nicht in Betracht zu ziehen ist," sagt Kabsch, aber mit Unrecht. Einmal könnte das Vorsichgehen oder Ausbleiben einer Reaction gerade von ganz kleinen Sauerstoffmengen abhängen, und dann war es kein einfacher Diffusionsvorgang, der sich dabei abspielte, sondern das Herausziehen des ersten Korkes, das Einführen des zweiten mit dem daran befestigten Objecte, beides musste Strömungen hervorrufen; mit dem Object (z. B. mit den Berberisblüthen), ist sicher atmosphärische Luft direct mit eingeführt worden. Dass die Methode wirklich unrichtige Resultate lieferte, werden wir später sehen. Ausserdem scheint Kabsch auch auf die Reinheit der von ihm verwendeten Gase, vor allem auf die Beseitigung schädlicher Beimengungen, nicht die nöthige Sorgfalt verwandt zu haben.

Für meine Versuche verwendete ich eine Wasserstrahlluftpumpe, die eine sehr weitgehende Evacuation ermöglichte. Die Hauptvortheile bei der Benützung gerade dieser Pumpe lagen, ausser in ihrer Bequemheit, in der Leichtigkeit, mit der die Schnelligkeit des Evacuirens geregelt werden konnte, und in dem Ausbleiben irgend welcher Erschütterungen, während die Evacuation im Gang war.

Der von mir benutzte Apparat schloss sich ganz an den von Wieler[1]) für seine Versuche über das Wachsthum bei vermindertem Partiaerdruck des Sauerstoffs zusammengestellten an. Er wurde seiner Zeit beschrieben und abgebildet, ich versage es mir daher, ihn nochmals zu schildern. Dass auf jede Weise für Dichtigkeit der Verschlüsse gesorgt wurde, versteht sich von selbst.

Als Manometer diente, wie bei den Versuchen Wieler's, ein offenes Gefässbarometer.

War der Apparat dicht, so konnte bei Abzug der der Temperatur entprechenden Wasserdampftension bis 1,5 mm Druck evacuirt werden.

---

1) Wieler, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs. Untersuch. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 195.

Um den Sauerstoffgehalt im Recipienten noch weiter herabzudrücken, verwandte ich, wie Wieler, Wasserstoff: der Recipient wurde mit diesem Gase gefüllt und nachdem dasselbe einige Zeit in ihm gestanden hatte, um durch Diffusion den noch in den Pflanzengeweben etc. enthaltenen Sauerstoff möglichst aufzunehmen, aufs Neue evacuirt. Diese Procedur wurde nöthigenfalls mehrere Male hintereinander wiederholt. Freilich konnte ich nicht, wie es Wieler gethan hatte, das Gas stundenlang im Apparate stehen lassen, ich hätte fehlerhafte Resultate erhalten, weil der Sauerstoffentzug über kurz oder lang auf alle Organismen, die nicht facultative Anaerobien sind, schädlich wirken muss. Blieb die Reaction aus, wenn der Aufenthalt des Objectes im schon sehr sauerstoffarmen Raume bereits einige Zeit gedauert hatte, so brauchte das nicht direct die Folge des Sauerstoffentzuges zu sein.

Der Wasserstoff wurde in einem, dem Döbereiner'schen Feuerzeug nachgeahmten Apparat[1]) entwickelt, der mittels eines Zweiweghahnes zwischen Recipient und Pumpe eingeschaltet werden konnte. Das Gas wurde erst mit Kaliumpermanganat, dann mit verdünnter Kalilauge gewaschen, der in vielen Fällen, wo es darauf ankam, den Wasserstoff möglichst frei von Sauerstoff zu bekommen, noch Pyrogallussäure zugesetzt wurde. Um der atmosphärischen Luft die Diffusion in die zur Gasentwickelung dienende Säure und aus dieser in das Gas zu verwehren, gab ich bei einer Reihe von Versuchen auf die Säure eine Schicht Olivenöl.

Die Zulässigkeit dieser Methode, den Sauerstoffgehalt eines gegebenen Raumes auf ein Minimum zu reduciren, geht aus allem hervor, was wir über den Einfluss des Wasserstoffes einerseits und den des Vacuum andererseits auf die höheren Pflanzen wissen; zahlreiche Versuche, die im Laufe dieser Untersuchung angestellt wurden, haben mir ihre Berechtigung noch besonders gezeigt.

Wo es anging, wurde durch passende Verdunklung des Recipienten dafür gesorgt, dass die Kohlenstoffassimilation während der Versuche nicht als Sauerstoffquelle functioniren konnte. Bei einem Theil der Objecte war diese Vorsicht überflüssig.

Es wurde stets für die Anwesenheit genügender Wassermengen im Apparat gesorgt, so dass im Vacuum vollkommene, der Temperatur entsprechende Wasserdampfsättigung herrschen konnte, der einzige

---

1) Abgebildet in: W. Pfeffer, Ueber intramoleculare Athmung. Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S 637 („g").

Weg, nicht nur um die Objecte nicht austrocknen zu lassen, sondern auch um die Wasserdampftension genau in Rechnung bringen zu können. Zu viel Wasser durfte aber auch wieder nicht vorhanden sein, weil es durch die von ihm vorher absorbirte, durch Pumpen nie ganz zu entfernende Luft zur Fehlerquelle werden konnte. Bei besonderen Gelegenheiten wurde es zuvor noch ausgekocht. Auch auf das Quecksilber im Steigrohr des Manometers wurde einige Millimeter hoch Wasser gegeben, einmal, um für rasche Sättigung des Vacuum mit Wasserdampf zu sorgen, dann aber auch, um die Bildung der Quecksilberdämpfe hintan zu halten.

Der im Recipienten herrschende Luftdruck war gleich der Differenz zwischen dem Barometerstand der atmosphärischen Luft, vermindert um die Grösse der der Temperatur entsprechenden Wasserdampftension, und dem Stand des Quecksilbers im Manometer. War der Recipient klein und ging die Evacuation rasch vor sich, so sank die Temperatur in ihm um 1 — 2 ^{0} C. unter die der umgebenden Luft; die Differenz wurde allmählich wieder ausgeglichen. Dauerte der Versuch nicht lang und konnte kein Thermometer im Recipienten angebracht werden, so wurde deshalb die zur Bestimmung der Wasserdampftension nöthige Temperatur an einem in der Nähe hängenden Thermometer abgelesen und um 1 — 1,5 ^{0} C. niedriger in Rechnung gesetzt. Die Höhe der entsprechenden Wasserdampftension entnahm ich der von Bunsen in seinen „gasometrischen Methoden“ mitgetheilten Tabelle.

Die Höhe des im Recipienten herrschenden Luftdruckes habe ich stets in Millimetern und die dann noch vorhandene Menge von Sauerstoff in Procenten angegeben und zwar nicht in Procenten des zu Beginn des Versuches vorhandenen Gesammtvolums von Luft, sondern in Procenten der zu Anfang vorhandenen Sauerstoffmenge. Auf diese Weise glaubte ich für jeden bestimmten Fall die Abnahme des Sauerstoffs am übersichtlichsten zu zeigen, denn diese ca. 20 Volumprocente Sauerstoff der gesammten Luftmenge sind es ja allein, was die Versuchsobjecte in den als normal zu bezeichneten Zustand versetzt, die ca. 80 Volumprocente Stickstoff sind gleichgültig. Ich brauchte wohl nicht hinzuzusetzen, dass derjenige, der den Sauerstoffgehalt lieber in Procenten der gesammten zu Beginn des Versuches vorhandenen Luftmasse angegeben sieht, meine Procentzahlen nur mit 5 zu dividiren braucht, um die von ihm gewünschten Zahlen annähernd genau zu erhalten. Von einer Angabe der Sauerstoffmenge in cm^3 glaubte ich, der geringen Uebersichtlichkeit halber, Abstand nehmen zu dürfen.

Der Vorgang bei der Auslösung und Ausführung einer Reizbewegung ist jedenfalls nicht ganz einfacher, sondern complicirter, zum Theil gewiss sehr complicirter Natur. Man kann das mit voller Sicherheit sagen, auch wenn man, wie zur Zeit, in keine einzige einen vollen Einblick hat, seitdem man weiss, dass bei jeder der Protoplasmaleib der Zelle und nicht ihre Membran, wie noch Hofmeister annahm, die Hauptrolle spielt. Hätten wir bereits jetzt diesen vollen Einblick, so könnten wir sicherlich eine ganze Reihe verschiedener Phasen unterscheiden, die vom gereizten Organ durchlaufen werden. Zwei Gruppen solcher Phasen sind schon bisher immer unterschieden worden, die eine umschliesst alles was von der Application des Reizes bis zur Vollendung der Reaction vor sich geht, die andere die Rückkehr zum Anfangszustand. Für die Zwecke dieser Untersuchung möchte ich die erste Gruppe nochmals zerlegen, wie das auch schon von anderer Seite geschehen ist, in das erste Glied der Kette von Phasen, die Reizperception von Seite des Protoplasma und in die übrigen Glieder, die ich der Reizperception gegenüber als Reizreaction bezeichnen möchte.

Man kann sich nun a priori recht gut vorstellen, dass die Anwesenheit von Sauerstoff für die Perception in anderer Weise Vorbedingung sein kann als für die Reation. Es können für jeden dieser beiden Vorgänge verschiedene Mengen Sauerstoff nötig sein, der eine kann auch ganz unabhängig sein von der Anwesenheit dieses Gases, der andere es nötig haben, oder beide können ohne Sauerstoff vor sich gehen, im Vacuum könnte doch durch Schädigung anderer Functionen, indirect, aber nicht weniger wirksam, in kurzer oder längerer Zeit, eine Sistirung eintreten.

War festgestellt worden, dass ein reizbares Organ im sauerstofffreien Raume nicht mehr reagirt, so musste man also im Weiteren versuchen, ob die Perception oder die Reaction oder alle beide lahm gelegt worden waren. Eine Lösung dieser Fragen konnte nur bei den Bewegungen, wo die Reaction der Perception nicht zu schnell auf dem Fusse folgte, mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden.

Für die nun folgende Darstellung der Versuchsergebnisse habe ich die manigfachen Reizbewegungen in zwei Hauptgruppen gebracht, je nachdem die Reaction durch Turgoränderung allein oder durch Wachsthum, mit oder ohne vorhergehende Turgoränderung, ausgeführt wird.

Specieller Theil.

Uebersicht des speciellen Theiles.[1])

---

1. Mimosa pudica.

Das Verhalten von Mimosa pudica im luftverdünnten Raume wurde von Dutrochet und von Kabsch untersucht. Dutrochet[2]) beobachtete an seinen eingetopft unter den Recipienten einer Luftpumpe gebrachten Pflanzen nach dem ersten Kolbenzug ein Zusammenklappen der Blättchen, wie auf einen mechanischen Reiz, das er der Abnahme der Luftdichte zuschrieb. Im weiteren Verlauf der Evacuation entfalteten sich die Blättchen wieder bis zur Hälfte, während der primäre Blattstiel eine steilere Stellung als unter normalen Verhältnissen einnahm. Wurde die Pflanze nach zweistündigem Aufenthalt im Vacuum wieder an die Luft gebracht, so reagirten die Blättchen sofort auf mechanischen Reiz (starke Erschütterungen), während der primäre Blattstiel seine Stellung nicht ändert. Nach zwölfstündigem Aufenthalt im luftleeren Raume war auch diese Reizbarkeit verschwunden, weder durch Erschütterungen noch durch Verdunklung liess sich eine Reaction hervorrufen.

Kabsch,[3]) der die Versuche Dutrochets nicht gekannt zu haben scheint, macht etwas abweichende Angaben. Erst als der Luft-

---

1) Leider bot sich keine Gelegenheit, das Verhalten von durch Wärmedifferenzen deutlich reizbaren Blüthen zu untersuchen. Es hätte sich wohl nicht wesentlich von den ebenfalls durch Wachsthum ausgeführten Schlafbewegungen der Blüthen unterschieden.

2) Dutrochet, Memoires p. serv. à l'hist. (Excitabilité végétale) Tom. I p. 282.

3) Kabsch, Bot. Ztg. 1862 S. 345.

druck auf 15 mm gesunken war, trat bei seinen Versuchen eine Bewegung der Blättchen ein, der durch mechanischen Reiz bedingten ähnlich, nur dass die Blättchen sich nicht vollständig aneinander legten. Sie entfalteten sich wieder und waren dann durch sehr starke Erschütterungen noch etwas reizbar, bei einem Druck von 2—3 mm aber hörte die Reizbarkeit vollständig auf. Der Inductionsstrom wirkte noch bei einer Luftverdünnung, bei welcher mechanischer Reiz sich bereits als unwirksam erwies.

Da ich meine Versuche mit der Wasserstrahlluftpumpe anstellte, konnte ich die mit der Verwendung der Stiefelpumpen verknüpften Erschütterungen vollständig vermeiden. Der beim Evacuiren entstehende Luftstrom im Recipient wirkte nicht reizend, wie ich mich überzeugen konnte. Als Versuchsobjecte dienten junge Pflanzen, die meist das dritte Laubblatt entfaltet hatten. Sie kamen in ihren kleinen Töpfen auf eine abgeschliffene Glasplatte zu stehen und wurden mit einer hohen, etwa 1500 cm^3 fassenden tubulirten Glasglocke überdeckt, die mit einem Gemenge von Fett und Wachs luftdicht auf die Platte aufgesetzt wurde. Der Tubulus wurde mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, in dessen einer Bohrung das T-Rohr stack, durch das der Recipient mit dem übrigen Apparat in Verbindug stand, dessen andere Bohrung die Vorrichtung aufnahm, die zur Ausübung eines Reizes im luftverdünnten Raume dienen sollte und die ich kurz beschreiben will. Ein starker Messingdraht wurde mit Hilfe von Siegellack in einer kurzen, am Ende zugeschmolzenen Glasröhre befestigt, eine zweite, gleich dicke, kurze Glasröhre über den Draht an die erste geschoben und die zusammenstossenden Enden vermittelst einem guten, dickwandigen Kautschukschlauch und Drahtzwingen fest verbunden. Das freie Ende der zweiten Glasröhre wurde dann in die Bohrung im Stopfen eingesteckt und so der Draht ins Innere der Glocke eingeführt, das erste diente als Handhabe. Die Dehnbarkeit des Kautschukstückes ermöglichte sowohl Drehungen als auch, bei dem Spielraum, den der Draht in der Glasröhre besass, geringe seitliche Bewegungen des am freien Ende etwas gebogenen Drahtes. Die Vorrichtung erwies sich für die in Betracht kommenden Zeiträume als genügend dicht, so dass ich darauf verzichten konnte, die Verschlüsse unter Wasser zu legen, was keine besonderen Schwierigkeiten geboten hätte. — Die Innenfläche der Glocke wurde etwa zur Hälfte mit nassem Fliesspapier ausgelegt. — Die Temperatur betrug in allen Versuchen mindestens 20° C.

Ich habe über zwanzig Versuche angestellt, von denen ich zunächst zwei beschreiben will.

A. Barometerstand 751,5 mm. Temperatur 22° C. Durch Abzug einer Wasserdampftension von 19 mm [1]) ergab sich als höchster erreichbarer Manometerstand 732,5 mm. — Voll evacuirt (bis etwa 1,5 mm Druck), ohne dass eine Stellungsänderung der Blättchen eintritt. Recipient abgesperrt. Wahrscheinlicher Gehalt an Sauerstoff: 0,2 % der anfänglichen Gesammtmenge dieses Gases. — Nach einer Minute gereizt. Deutliche Reaction, die sich selbst auf den primären Blattstiel ausdehnt. — Nach einiger Zeit rückgängige Bewegung, die Blättchen entfalten sich jedoch nicht mehr vollständig, sondern nur auf 1/3 (Winkel zweier opponirter Blättchen 60° statt 180°). — Nach 1/2 Stunde (bei unverändertem Manometerstand) tritt auf kräftige Erschütterung hin aufs Neue Reaction der Blättchen ein, eine Senkung des primären Blattstieles bleibt zweifelhaft, die jungen Stiele werden deutlich gekrümmt. — Weiterhin, nach einer Stunde (noch immer bei demselben Manometerstand) haben sich die Blättchen wieder etwas geöffnet, weniger als zuvor, sie reagiren nun auf kräftiges Schütteln mit dem Draht nicht mehr. — Als jedoch beim plötzlichen Einströmen der Luft die Pflanze hin und her und gegen den Draht geschleudert wurde, gingen die Blättchen in volle Reizstellung über.

B. Barometerstand 758 mm. Temperatur 23° C. Wasserdampftension ca. 19,5 mm, höchster erreichbarer Manometerstand also 738,5 mm. — Evacuirt bis 736 mm, also bis 2,5 mm Druck, ohne dass eine merkliche Reaction eintrat. Dann wurde Wasserstoff eingeleitet und aufs Neue, bis 731 mm, evacuirt. Unterdessen hoben sich die Blättchen allmählich, dem Alter der Blätter nach, die des jüngsten zuerst; die Blattstiele blieben noch unverändert. Das Wasserstoffeinleiten und Auspumpen wurde noch zweimal wiederholt, am Schlusse der vierten Evacuation, bei einem muthmasslichen Gehalt von 0,000 000 3 % der anfänglichen Sauerstoffmenge, hatten sich die Blättchenpaare bis zu einem Winkel von etwa 30° genähert, die secundären Blattstiele sich gesenkt und sich genähert, die primären sich gehoben. Der Recipient wurde mit Wasserstoff aufgefüllt. — 20 Minuten später wurde gereizt, es trat eine deutliche Reaction ein, die Blättchen klappten vollständig zusammen, der primäre Blattstiel senkte sich merklich. — Nach zwei Stunden spreizten die Blättchen wieder etwas und schlossen sich auf eine starke Erschütterung hin nochmals.

---

1) Durch das Evacuiren sank die Temperatur im Recipienten zunächst um 1 oder 2°, was natürlich berücksichtigt werden muss.

Das mag genügen. Sämmtliche Versuche mussten naturgemäss mit einer Fehlerquelle behaftet sein. Da nämlich die Objecte aus bekannten Gründen während der Evacuation nicht verdunkelt werden durften, konnte eine Sauerstoffproduktion im Apparat durch die Kohlensäurezersetzung nicht ausgeschlossen werden. Es wurde aber zunächst dafür gesorgt, dass nicht zu grelles Licht die Objecte traf. Dann war doch auch die disponible Kohlensäuremenge durch die Evacuation auf ein Minimum herabgesetzt worden. Endlich wurde in einer Anzahl von Fällen noch direct durch ein Gefäss mit Kalilauge für die Absorption dieses Gases gesorgt.

Aus den mitgetheilten Versuchen ersieht man fürs Erste ganz deutlich, dass die Reizempfänglichkeit mit dem sinkenden Luftdruck sinkt. Zur Auslösung der Bewegungen werden immer stärkere Anstösse nöthig.

Bei genügend niedrigem Luftdrucke gehen die Blätter in eine Stellung über, die im Aussehen ganz der Stellung im wärmestarren Zustande[1]) entspricht: der primäre Blattstiel hebt sich, die secundären nähern sich, die Blättchen heben sich und schliessen mehr oder weniger zusammen. Der Grad der Luftverdünnung, der hiezu nöthig ist, ist starken individuellen Schwankungen unterworfen, die Verhältnisse werden noch complicirter dadurch, dass die Raschheit der Luftentziehung einen Einfluss zu haben scheint, in dem Sinne, dass bei raschem Evacuiren die Stellungsänderung, das äussere Anzeichen der eintretenden Starre, erst bei einer Verdünnung höheren Grades eintritt, als bei langsamem. Es geht daraus hervor, dass die „Vacuumstarre" nicht durch die Abnahme des Luftdruckes, sondern direct oder indirect durch die des Sauerstoffes bedingt wird, sie braucht immer einige Zeit, bis sie deutlich zu werden beginnt.

Die habituelle Aehnlichkeit zwischen dem Zustande der Vacuumstarre und dem der Wärmestarre ist beachtenswerth, deshalb, weil im Uebrigen die durch verschiedene äussere Einflüsse hervorgerufenen Starre-

1) Sachs, Vorlesungen, 1. Aufl. S. 725. Sachs vergleicht die Vacuumstarre mit der Dunkelstarre, offenbar weil Dutrochet für seine vacuumstarre Mimose dasselbe thut. Das Aussehen dieser letzteren wird jedoch wie folgt beschrieben (a. a. O.): „les pétioles se dressèrent vers le ciel plus que dans l'état de réveil normal, mais les folioles ne se deployèrent qu'à demi" und weiterhin: „les pétioles . . . restèrent constamment immobiles dans leur état de redressement et ses folioles restèrent toujours à demi déployées". Die Dunkelstarre beschreibt aber Sachs selbst (Handbuch S. 45): „sämmtliche Blättchen 180° offen, Stiele etwas abwärts, secundäre Stiele stark abwärts".

zustände der Mimose unter sich habituell verschieden sind. Die vorliegende Uebereinstimmung im mechanischen Theil der Ausführung weist vielleicht auf gleiche bedingende Ursachen hin.

Im Zustande der Vaccumstarre ist die Pflanze für gewöhnliche Reize, selbst ziemlich starke Stösse, vollkommen unempfindlich; sehr starke Erschütterungen können, wenigstens noch zunächst, eine Bewegung auslösen, welche habituell genau der Reizbewegung gleicht und sich nur durch ihre Geringfügigkeit unterscheidet: die noch etwas spreizenden Blättchen klappen wohl vollständig zusammen, um aber die Senkung des primären Blattstieles nachzuweisen, bedarf es oft genauer Messungen.

Es ist nun die Frage, ob diese Bewegungen auf sehr starke Anstösse hin (Kabsch erzielte sie auch durch Inductionsschläge) überhaupt noch mit der gewöhnlichen Reizbewegung identificirt werden dürfen. Man könnte auch an die Krümmungen denken, welche für wachsthumsfähige, geschüttelte Sprossgipfel zuerst von Hofmeister nachgewiesen worden sind. Wie diese ausser durch passive Dehnung auch durch eine Erschlaffung des Gewebes zu Stande kommen,[1]) so könnten auch hier die Zellen der Bewegungsorgane unter den Erschütterungen erschlaffen und die Schliessung der Blättchen auf diesem Wege eine vollständige werden. Wie die Krümmung der Sprossgipfel wieder ausgeglichen wird, könnten die Mimosenblättchen auch wieder höheren Turgordruck in den Zellen der Bewegungsgelenke und dadurch die frühere Stellung, wenn auch vielleicht nicht mehr in demselben Maasse, gewinnen. Aber wenn sich die Sache auch so verhalten sollte, so darf man doch noch immer mit Fug und Recht von einer Reizbewegung sprechen, denn im Grunde genommen ist dies Erschlaffen der Sprossgipfelgewebe auch nichts anderes als eine Reizerscheinung. Denn sie besteht in einer Turgoränderung, die irgendwie mit dem lebenden Plasma der Zellen zusammenhängen muss — man kann z. B. eine Aenderung des Filtrationswiederstandes der Plasmamembran annehmen —, und die wieder rückgängig gemacht wird. Es ist also das für eine Reizbewegung Charakteristische gegeben.

In Luft erholt sich die vacuumstarre Pflanze wieder, zunächst werden die jungen Blätter und von diesen wieder die Blättchen reizbar. Bei den Blattstielen dauert es länger, bis sie wieder reagieren.[2])

Die von Dutrochet (a. a. O.) und Kabsch (a. a. O.) beim Evacuiren gefundene „Reizbewegung“ konnte ich nie beobachten.

1) Pfeffer, Physiologie Bd. 2 S. 23.

2) Dutrochet, Memoires I, p. 556.

Dutrochet's Angabe, dass bereits nach dem ersten Kolbenzuge die Bewegung ausgelöst wird, erklärt sich wohl ungezwungen durch die Erschütterung, die der Recipient beim Pumpen erfuhr. Wenigstens vermisse ich in der Beschreibung seines Versuches jede Bemerkung darüber, ob er diese naheliegende Fehlerquelle in Betracht gezogen habe. Die Versuche wurden mit einer eingetopften Mimose angestellt, der Recipient musste daher so gross sein, dass die Luft nach dem ersten Kolbenzuge günstigsten Falles auf die Hälfte verdünnt sein konnte; aus meinen Versuchen, wie aus denen von Kabsch, geht aber mit Sicherheit hervor, dass eine so geringe Herabsetzung des Luftdruckes (resp. des Sauerstoffgehaltes) jedenfalls vollkommen wirkungslos bleiben musste.

Kabsch hatte in der bereits S. 88 beschriebenen Weise ausdrücklich Erschütternngen des Recipienten zu vermeiden gesucht, er beobachtete seine „Reizerscheinungen" auch erst, als der Luftdruck in demselben auf 15 mm gesunken war. Da die Wasserdampftension vollkommen unberücksichtigt blieb, war sicher der noch vorhandene Druck bedeutend geringer — vorausgesetzt, dass sein Manometer zuverlässig war — und die beobachtete Erscheinung dürfte keine typische Reizbewegung gewesen sein, sondern die beim Uebergang in die Vacuumstarre eintretende Stellungsänderung, die jener habituell gleicht, wenn man, wie das Kabsch gethan zu haben scheint, nur die Blättchen, und nicht auch die primären Blattstiele, ins Auge fasst. Bei meinen Versuchen zeigten Mimosen nach zweistündigem Aufenthalt bei einem Luftdruck von 15 mm (nach Abzug der Wasserdampftension) keine Veränderung und waren normal reizbar.

Es mag hier noch Erwähnung finden, dass durch Ammoniakgas eine heftige Reizung der Blättchen herbeigeführt werden kann, die aber, vorsichtig ausgeführt, die Pflanze nicht zu schädigen braucht, welch letzteres immer der Fall ist, wenn z. B. Salzsäuredampf reizend wirkt. Dasselbe Blatt kann auf diese Weise mehrmals hintereinander gereizt werden, die Mimose ist also auch „chemisch reizbar".

2. Berberis.

Kabsch[1]) stellte die Mehrzahl seiner Versuche über das Verhalten reizbarer Organe im luftverdünnten Raume mit den Staubgefässen von Berberis und Mahonia an, weil er sich hievon am leichtesten genügende Mengen Material verschaffen konnte. Diese

1) Kabsch, Bot. Ztg. 1862 S. 342.

Rücksicht ist seinen Untersuchungen nicht zu Gute gekommen, indem sich gerade bei diesen Objecten einzelne bestimmte Erscheinungen, die durchaus nicht bei allen anderen auch vorhanden sind, sehr ausgeprägt zeigen und er so verleitet wurde, sie auch da zu suchen und zu finden, wo sie gar nicht vorhanden sind. Ein Beispiel hiefür hat uns bereits Mimosa geliefert. (S. 99.)

Kabsch beobachtete nämlich beim Auspumpen des Recipienten stets eine Bewegung der Staubgefässe, die der auf mechanischen Anstoss erfolgenden Reizbewegung vollkommen glich und eintrat, sobald das Manometer nur noch 20 — 25 mm Druck anzeigte: die Staubgefässe schlugen zum Stempel über. Nach einiger Zeit (während der die Evacuation fortgesetzt wurde?) legten sie sich wieder an die Blumenblätter zurück. Sie waren dann unter diesen Verhältnissen nicht mehr reizbar, wurden es aber wieder nach ihrer Rückkehr in atmosphärische Luft. Solange das Losschnellen, während des Evacuirens noch nicht eingetreten war, waren sie auch noch durch Berührung reizbar. Den Grund für das Losschnellen suchte Kabsch in der Abnahme des Luftdruckes um die Blühten herum, die endlich auch die Luft aus den Gefässen und dem Safte der Zellen der reizbaren Organe zum Entweichen bringe und so rein mechanisch wirke. Dabei soll der Widerstand der Zellmembranen, der den ganzen Organismus erschüttere, die eigentliche Reizursache sein.

Für meine Versuche benützte ich hauptsächlich zwei von den verschiedenen im botanischen Garten zu Leipzig cultivirten Arten, die eine mag Berberis vulgaris, die andere B. spathulata gewesen sein. Meist kamen mehrere Blüthen einer Traube gleichzeitig zur Verwendung, nachdem die Kelchblätter und Blumenblätter vorher mit der Scheere weggeschnitten worden waren. Als Recipienten dienten kurze, weite, etwa 25 — 30 cm³ fassende Glasröhren, die horizontal befestigt und durch zwei gute, doppelt durchbohrte Kautschukstopfen verschlossen wurden. Je eine Bohrung diente dazu, an dem einen Ende die Verbindung mit der Pumpe, an dem anderen Ende mit dem Manometer herzustellen. Die zweite Bohrung des einen Stopfen nahm den Glasstab auf, an dessen Ende die Berberisblüthen mit feuchtem Fliesspapier festgebunden wurden, die zweite Bohrung des anderen Stopfen, gegenüber dem Glasstab mit den Blüthen, die Vorrichtung, dazu bestimmt, im luftverdünnten Raume einen mechanischen Reiz auszuüben. Sie schloss sich in ihrer Construction dem kleinen, für Mimosa benutzten und dort (S. 95) beschriebenen Apparate enge an. Um den Messingsdraht, der mehrere feinere Drahtspitzen an seinem

freien Ende trug, vor und rückwärts bewegen zu können, wurden die Glasröhrchen nicht vollkommen an einander geschoben und, um den sie verbindenden Kautschukschlauch auf der freien Strecke während der Dauer der Evacuation am Zusammenklappen zu verhindern, wurde eine Drahtspirale eingelegt. So konnten die Staubgefässe jederzeit durch ein Vorstossen des Drahtes gereizt werden. — Bei der geringen Grösse des Recipienten konnte in kurzer Zeit ein sehr vollständiges Vacuum hergestellt werden; schwieriger war es, den Apparat für einen längere Zeit dauernden Versuch genügend dicht zu machen, hauptsächlich deshalb, weil ich versäumt hatte, die Enden der Glasröhren, die als Recipienten dienten, innen anschleifen und so zum Schlusse an die Kautschukstopfen geeigneter machen zu lassen. — Ein Streifen von nassem Filtrierpapier, der die Hälfte der Innenwand bedeckte, sorgte für Sättigung des Recipienten mit Wasserdampf. — Ich beschreibe den Apparat hier so ausführlich, weil er auch noch für eine ganze Reihe anderer Objecte zur Verwendung kam.

Ich habe eine grosse Anzahl von Versuchen angestellt und dabei stets, wie Kabsch, das spontane Eintreten einer Reaction, genau der Reizbewegung entsprechend, beobachtet, sobald der Luftdruck genügend weit gesunken war. Doch kann ich keine so bestimmten Werthe für die obere und untere Grenze (20—25 mm) angeben, wie es jener that. Ausnahmsweise beobachtete ich die Bewegung schon bei 300 mm restirendem Drucke, selten erst, wenn der Druck unter 20 mm gesunken war, zumeist, in ziemlicher Uebereinstimmung mit Kabsch, zwischen 40 und 20 mm. Es schlugen ferner durchaus nicht alle Staubgefässe einer Blüthe bei gleichem Druck zum Stempel über, noch weniger diejenigen verschiedener Blüthen, wie das bereits Kabsch bemerkt hatte. Am frühesten schienen mir die Filamente mit eben geöffneten Antheren zu reagiren. — Ein Filament oder einige wenige begannen, die übrigen folgten dann, während die Evacuation fortging, rascher oder langsamer nach, oft erst nach einer langen Pause. — Manchmal war die Zeitdifferenz im Ueberschlagen offenbar dadurch bedingt, dass bei bereits genügend geringem Luftdruck das eine Filament viel längere Zeit brauchte, bis es die Bewegung ausführte, als ein anderes. Das ging dara s hervor, dass zuweilen, aber nicht immer, die Reizbewegung einiger oder aller übrigen, bisher noch unveränderten Filamente eintrat, wenn nach der Reaction des ersten der Recipient abgesperrt wurde, der Luftdruck also gleich blieb. — Im grösseren Theil der Fälle schlug dasselbe Filament einer bestimmten Blüthe bei der Wiederholung des Versuches wieder bei dem

nämlichen Luftdruck über, doch war auch oft genug gar keine derartige Regelmässigkeit zu erkennen.

Die Schnelligkeit, mit der der sehr kleine Recipient entleert wurde, schien ohne ausgesprochenen Einfluss auf die Schnelligkeit zu sein, mit der (dem Drucke, nicht der Zeit nach!) die Reaction eintrat; ging diese letztere jedoch bei noch verhältnismässig hohem Druck vor sich, so schien sie bei langsamem Evacuiren früher einzutreten (natürlich nicht der Zeit, sondern dem Drucke nach), als bei raschem, weil, wie wir eben sahen, die Staubgefässe bei bereits hinreichend niedrigem Drucke oft einige Zeit brauchen, bis die Reizbewegung zu Stande kommt. Wurde in dieser Zeit das Pumpen fortgesetzt, so sank der Druck noch weiter und man las dann einen zu hohen Manometerstand ab.

Die Staubgefässe gingen aus der Reizstellung immer in die anfängliche Lage zurück, wenn der Recipient nach ihrem Ueberschlagen abgestellt wurde, und waren dann für mechanischen Reiz voll empfänglich. Wurde die Evacuation nach dem Losschnellen fortgesetzt, so gingen sie ebenfalls mehr oder weniger vollständig in die Anfangslage zurück und waren dann noch reizbar, wenn nicht schon vorher jener sehr niedrige Luftdruck im Recipienten zu Stande kam, bei dem die Reizbarkeit überhaupt sistirt ist und der Vacuumstarre Platz gemacht hat. Die vacuumstarren Staubgefässe unterscheiden sich im Aussehen fast gar nicht von den reizbaren, nur schienen sie mir unter einem etwas kleineren Winkel vom Griffel abzustehen.

Wurde die Evacuation sehr langsam ausgeführt, etwa so, dass es eine halbe Stunde dauerte, ehe der Luftdruck auf ein paar Millimeter gesunken war, so konnte die Reizbewegung ein zweites Mal eintreten, ohne einen äusseren Anstoss, besonders bei Staubgefässen, die früher zum ersten Male reagirt hatten. Auch dann gingen die Staubgefässe aus der Reizstellung wieder zurück, jedoch nur in die Starrestellung und waren, wenigstens wenn die Evacuation fortdauerte, von dann an ganz unempfindlich. Diese Starrestellung tritt natürlich auch bei den Filamenten ein, welche durch die fortdauernde Evacuation nicht zum zweiten Mal zum Reagiren gebracht werden, nur ist die Bewegung (von der reizempfänglichen in die Starrestellung) so gering, dass sie dem Auge fast entgeht. — Es ist bemerkenswerth, dass die Starre der Filamente nie in der Reizstellung eintritt, sie gehen immer erst in ihre bestimmte Stellung zurück.

Frägt man sich nun, wie diese eigenthümliche, durch das Evacuiren bedingte Reizbewegung zu Stande komme, so lässt sich zunächst

sehr leicht zeigen, dass die Luftströmung im Recipienten nicht die Ursache sein kann. Denn, wenn man das Manometerrohr aus dem Quecksilber herausgezogen hat, kann man mit voller Kraft der Pumpe Luft durch den Recipienten saugen und dennoch tritt nur ganz vereinzelt eine Reaction der Staubgefässe ein, falls sie nicht direct an die Glaswand geschleudert werden, obschon der Luftstrom dann natürlich viel heftiger ist, als er in dem geschlossenen Apparate werden kann.

Schwieriger ist es, zu unterscheiden, ob die besagte Reaction im Sinne von Kabsch zu erklären sei (als ausgelöst durch eine Zerrung, die von in den Intercellularen[1]) sich ausdehnenden oder aus den Zellen entweichenden Gasen ausgeübt wird), oder als eine Reaction des Organismus auf den Sauerstoffentzug als solchen, etwa so, wie, um ein Beispiel zu gebrauchen, der Lichtentzug nach mehrfachen Angaben in der Litteratur auf Mimosa pudica reizend einwirken kann. Ich suchte durch die verschiedensten Versuche eine Entscheidung für eine von diesen beiden Möglichkeiten herbeizuführen.

Dass die Herabsetzung des Luftdruckes als solche nicht gut die Ursache sein kann, lässt sich auf verschiedene Weise zeigen.

Zunächst sollte man doch einen deutlichen Unterschied in der Höhe des Luftdruckes, bei dem die Reaction eintritt, erwarten, je nachdem man den Recipienten mit den Versuchsobjecten in einigen Minuten oder in einer Stunde auspumpt. Denn bei ganz langsamer Evacuation hätten die Gase in den Intercellularen etc. doch Zeit, zu entweichen, ja man sollte erwarten, die Reaction unterbleibe dann ganz. Die bereits (S. 102) beschriebenen Versuche zeigten das Gegentheil von alledem.

Dann lies ich den Sauerstoff eines abgesperrten Volumen Luft durch alkalische Pyrogallussäurelösung absorbiren. Ein kleines, etwa 45 cm^3 fassendes Kochfläschchen wurde mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen gut verschlossen; die eine Bohrung trug den Glasstab, an dem die Blüthen festgebunden worden waren, die andere ein offenes Manometer. Durch vorsichtiges Schwenken der Pyrogallussäurelösung konnte die Absorption des Sauerstoffs beschleunigt werden. Die Bewegung trat regelmässig ein, zum Theil sehr bald, zum Theil erst nach etwas längerer Zeit, sie wurde auch wieder ausgeglichen. Leider habe ich nicht darauf geachtet, ob der weitere Sauerstoffentzug wie beim Evacuiren eine zweite Reaction

1) Es sind wirklich Intercellularen im Gewebe des Filamentes vorhanden und zwar ziemlich reichlich, wie ich mich überzeugen konnte.

hervorrufen kann, was mir jedoch gar nicht zweifelhaft erscheint, falls die Absorption langsam genug vor sich geht. Die Kalilauge allein, ohne Pyrogallussäure, blieb vollständig wirkungslos.

Ich leitete ferner einen Strom von reinem Wasserstoffgas über die in gleicher Weise wie für die Evacuationsversuche hergerichteten Blüthen und sah dabei stets eine Reaction eintreten, schon nach kurzer Zeit, wenn der Strom stark war, nach längerer, wenn er schwächer war, genau wie bei rascher Evacuation das Ueberschlagen der Staubgefässe der Zeit (nicht immer auch dem Drucke!) nach früher eintritt als bei langsamer.

Hier, wie bei den Versuchen mit Pyrogallussäure, bei denen eine Verminderung des Luftdruckes gar nicht zu Stande kommt, könnte Kabsch die nöthige Gewebezerrung nur durch Gasdiffusion entstehen lassen, unter der Annahme, es diffundire mehr Wasserstoff ins Filament hinein, als von den in ihm enthaltenen Gasen herausdringen könne. Auf diesem Wege könnte wirklich das Volum der intercellular enthaltenen Gasmenge so weit anwachsen, dass die Zerrung zu Stande käme. Doch ist schon wegen der Schnelligkeit, mit der die Reaction im starken Wasserstoffstrome eintritt, diese Annahme kaum haltbar; ich stellte aber noch weitere Versuche an, mit deren Hilfe ich sie zurückweisen konnte.

Staubgefässe, denen ich die Antheren weggeschnitten hatte und noch ein gutes Stück der Filamente dazu, verhielten sich ganz gleich wie unverletzte, sowohl beim Ueberleiten von Wasserstoff als auch beim Evacuiren. Nicht nur reagirten sie, sie schlugen auch zur selben Zeit wie diese zum Stempel über, wenn man sie zusammen dem Versuch unterwarf, wobei freilich individuelle Schwankungen berücksichtigt (d. h. durch Wiederholung des Versuches mit anderen Objecten eliminirt) werden mussten. Ein angeschnittenes Filament wird aber die in seinen Intercellularen enthaltenen (und damit auch die in seinen Zellen absorbirten) Gase offenbar schneller entlassen können, als ein unverletztes. Die Gasansammlung durch Diffusion, die zur Ausführung der Zerrung nöthig ist, müsste also, wenn sie überhaupt zu Stande kommen könnte, mindestens später die nöthige Höhe erreicht haben, die Reaction also später eintreten.

Injicirt man die Staubgefässe mit Wasser, so sind sie, gleich nach der Injection und so lange sie unter dem Wasser liegen, nicht reizbar, werden es aber bald wieder, wenn die Luft Zutritt hat, selbst im dampfgesättigten Raume, wo sie keine Gelegenheit haben, merkliche Quantitäten von Wasser abzugeben. Wird diese Procedur an Fila-

menten vorgenommen, denen man die Antheren weggeschnitten hatte, und unterwirft man sie dann gleichzeitig mit nicht injicirten, unverletzten Staubgefässen der Evacuation oder leitet einen Wasserstoffstrom über beide, so reagiren sie gleichzeitig.

Sperrt man den Recipienten ab, sobald das übergeleitete Gas die Reizbewegung hervorgerufen hat, so gehen die Filamente in die reizempfängliche Stellung zurück. Sie reagiren dann sowohl auf mechanischen Reiz als auf weiteren Sauerstoffentzug (durch erneuertes Ueberleiten von Wasserstoff), aber durch noch so langes Verweilenlassen in der doch schon überwiegend aus Wasserstoff bestehenden Atmosphäre kann keine zweite Reaction hervorgerufen werden. Würde sie durch Gasdiffusion und nicht durch den Sauerstoffentzug als solchen bedingt, so müsste man doch erwarten, dass sie in dem ursprünglichen Gasgemenge, das z. B. 90 % Wasserstoff enthalten mag, ebenso gut, wenn auch etwas später, zu Stande kommen würde, als wenn der Wasserstoffgehalt durch erneuertes Einleiten noch mehr, etwa auf 98 %, gesteigert wird.

Wie Wasserstoff verhielt sich auch reines Stickoxydul. Dagegen konnte man Sauerstoff überleiten, so viel man wollte, es trat keine Reaction ein. Würde sich die Bewegung im Sinne von Kabsch erklären, so müsste sich das Stickoxydul in seinem Diffusionsvermögen gegenüber den im Gewebe des Filamentes vorhandenen Gasen ganz wie Wasserstoff verhalten — also ähnlich schneller hinein-, als jene herausdiffundiren, denn die Reaction tritt auch hier bei genügender Stärke des Stromes schnell ein —, während Sauerstoff sich ganz anders verhalten und zum Mindesten nicht schneller hineindiffundiren dürfte, als die im Filamente eingeschlossenen Gase heraus.

Schliesslich prüfte ich noch das Verhalten unserer Objecte bei Verdichtung der Luft. Die Blüthen kamen in eine ziemlich weite, am einen Ende zugeschmolzene Glasröhre (Volum 15 cm^3), die mit der Compressionspumpe verbunden wurde. Die plötzliche Steigerung des Luftdruckes auf mehr als das Doppelte wirkte durchaus nicht reizend, eben so wenig die plötzliche Verminderung desselben, wenn der Hahn geöffnet wurde, um die Luft ausströmen zu lassen, auch nachdem die Blüthen längere Zeit in der comprimirten Luft verweilt hatten. Und doch muss hiebei eine beträchtliche Volumzunahme der in den Intercellularen befindlichen comprimirten Luft und damit eine Zerrung im Sinne von Kabsch vor sich gegangen sein, die aber eben nicht als Reiz wirkt.

Fasst man all das zusammen, so erscheint es sehr wenig zweifelhaft, dass die Bewegung durch den Sauerstoffentzug als solchen ausgelöst wird. Die Thatsache ist sehr merkwürdig und steht noch ohne Analogon da. Man kann sie nicht mit der Bewegung der Mimosenblätter bei Eintritt der Vacuumstarre vergleichen, denn die Bewegung geht so rasch vor sich, wie unter normalen Verhältnissen, sie wird wieder rückgängig gemacht und die wirkliche Starre tritt erst später ein und gleicht im Aussehen mehr der reizempfänglichen Stellung, endlich geht die eine direct in die andere über.

Aus dem bereits Mitgetheilten kann man eigentlich schon entnehmen, dass diese Reizerscheinung nicht an einen bestimmten, aber nach der Individualität der Objecte variablen Sauerstoffgehalt im Recipienten gebunden ist. Das geht ja aus der Möglichkeit hervor, sie während derselben Evacuation am nämlichen Object zweimal hinter einander eintreten zu lassen. Ich stellte aber auch noch specielle Versuche hierüber an, indem ich, statt wie gewöhnlich von atmosphärischer Luft, also von einem Gasgemenge mit etwa 20 Vol. % Sauerstoff, von Gasgemengen mit mehr und mit weniger Sauerstoff ausging und beobachtete, bei welchem Manometerstand die Reaction eintrat. Diese Gasgemenge von bestimmtem Sauerstoffgehalt liessen sich leicht durch theilweises oder vollständiges Auspumpen des Apparates und Auffüllen mit Sauerstoff oder Wasserstoff herstellen. Ich liess immer erst einige Zeit verstreichen, ehe ich die Luftpumpe aufs Neue, diesmal um die Reaction hervorzurufen, in Gang setzte, damit die Gase sich mischen und die Objecte sich erholen konnten. Natürlich wurde ferner stets das Verhalten des nämlichen Objectes unter diesen veränderten Bedingungen geprüft, aber dennoch konnte ich keine ganz exacten Resultate bekommen, weil, wie ich schon (S. 101) erwähnte, zuweilen dasselbe Staubgefäss in gleicher Weise aus dem gleichen Gasgemenge evacuirt, doch bei verschiedenem Manometerstand reagirte, manchmal auf einmal, nachdem vorher mehrere Male hinter einander die Bewegung genau, fast auf den Millimeter, bei einem bestimmten Drucke eingetreten war. Trotzdem zeigten die Versuche ganz deutlich, dass es auf die relative Menge Sauerstoff und nicht auf seine absolute Menge ankam, denn es blieb sich ziemlich gleich, ob ich aus gewöhnlicher Luft, aus reinem Sauerstoff oder aus einem Gasgemenge mit 5 % Sauerstoff im Gesammtvolum evacuirte. Trat das eine Mal die Reaction etwas früher (d. h. bei höherem Drucke) ein, so konnte ein Wiederholungsversuch mit einem anderen Object sie gerade umgekehrt etwas später (d. h. bei niedrigerem Drucke)

ergeben. Käme es auf die absolute Menge Sauerstoff an, so müsste, was ich kaum besonders aus einander zu setzen brauchte, die Reaction beim Evacuiren aus reinem Sauerstoff viel später (d. h. bei niedrigerem Drucke), beim Evacuiren aus einem 5 % Sauerstoff enthaltenden Gasgemenge dagegen viel früher (also bei viel höherem Drucke) eintreten.

War der anfängliche Sauerstoffgehalt im Recipienten noch geringer als 5 % der gesammten Gasmenge, so erhielt ich beim Evacuiren zuweilen keine Reaction mehr, offenbar, weil die Vacuumstarre früher eintrat, als eine zur Reizung genügende Verminderung des Sauerstoffgehaltes erfolgte, sowie auch beim Evacuiren aus atmosphärischer Luft zuweilen keine zweite Reaction eintritt, auch wenn man ziemlich langsam pumpt.

Die letzt geschilderten Versuche, bei denen die Objecte offenbar das Weber'sche Gesetz[1]) im Grossen und Ganzen einhielten, veranlassten mich, seine Gültigkeit auch für die Fälle zu prüfen, wo bei fortgehender Evacuation auf die erste Reaction eine zweite folgte. Gilt das Gesetz auch hier und trat die erste Reaction bei einem bestimmten Objecte, z. B. bei $^{11}/_{100}$ des anfänglichen Druckes (oder Sauerstoffgehaltes) ein, so müsste die zweite Reaction bei $^{11}/_{100}$ dieser $^{11}/_{100}$, also bei $^{12}/_{1000}$ des anfänglichen Druckes (oder Sauerstoffgehaltes) ausgeführt werden. Die Versuchsresultate entsprachen ungefähr dieser Voraussetzung; da aber, wie wir eben sahen, zuweilen dasselbe Staubgefäss unter ganz gleichen Bedingungen bei einem zweiten Versuch nicht mehr beim selben Druck zum Stempel überschlug, so ist es mir trotz vieler darauf verwandter Mühe nicht möglich gewesen, genaue Zahlen zu gewinnen. Immerhin zeigte es sich ganz deutlich, wenn das ins Auge gefasste Staubgefäss bei der ersten Reaction vor einem anderen oder nach einem anderen losschnellte, dieser Unterschied bei der zweiten Reaction ebenfalls vorhanden war. Dagegen fand im Allgemeinen die zweite Reaction früher (d. h. bei einem höheren Drucke) statt, als man erwarten sollte. So trat sie z. B. in dem oben erwähnten concreten Falle schon bei $^{17}/_{100}$ der $^{11}/_{100}$, also bei $^{19}/_{1000}$ (statt bei $^{12}/_{1000}$) des anfänglichen Luftdruckes (resp. Sauerstoffgehaltes) ein.

Kabsch macht in seiner citirten Abhandlung auch Mittheilungen über das Verhalten der Berberisstaubgefässe in verschiedenen Gasen.

---

1) Vgl. hierüber Pfeffer, Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Untersuch. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 395 u. f.

Sie erschienen mir sehr revisionsbedürftig, war doch seine bereits in den Vorbemerkungen (S. 90) besprochene Versuchsanstellung so primitiv, dass Fehler unvermeidlich werden mussten. Ich unternahm es daher, die Angaben wenigstens theilweise nachzuprüfen.

Das Verhalten unserer Objecte gegenüber Wasserstoff geht bereits aus einigen der im Vorstehenden beschriebenen Versuchen hervor. Die Staubgefässe reagirten im Gasstrom einmal, eventuell zweimal; befanden sie sich lange genug in reinem Wasserstoff, so trat Starre ein, die Reizbarkeit kehrte aber selbst nach mehrstündigem Aufenthalt in dem Gase an der atmosphärischen Luft zurück. Die Sistirung der Reizbarkeit hat Kabsch richtig beobachtet, eigenthümlicher Weise ist ihm die Reaction (die bei seinen Versuchen auch eintreten musste, sonst hätte er keine Starre erhalten können) entgangen.

Wie Wasserstoff verhält sich auch Stickstoff — in der schon erwähnten Weise mit alkalischer Pyrogallussäurelösung dargestellt — und reines Stickoxydul — aus sehr reinem Ammoniumnitrat durch ganz gelindes Erwärmen gewonnen und mit verdünnter Kalilauge und Ferrosulfatlösung gewaschen. Für Stickstoff hat Kabsch das Verhalten ziemlich zutreffend geschildert, abgesehen davon, dass er auch hier den Eintritt der Reizbewegung übersehen hat; im Stickoxydul sollen sich die Staubgefässe wie in atmosphärischer Luft verhalten und selbst 36 Stunden lang reizbar bleiben. Diese Behauptung ist sicher falsch (wie alle ähnlichen, die Unterhaltung der Athmung, das Keimen der Samen etc. betreffenden) und durch Verwendung eines mit Luft und deshalb mit Sauerstoff verunreinigten Gases veranlasst worden. Ein Strom reines Stickoxydul wirkte, über die Blüthen geleitet, in meinen (freilich nicht sehr zahlreichen) Versuchen genau wie ein Wasserstoffstrom. Die erste Reaction trat sehr bald ein, eine zweite sah ich nicht eintreten, vielleicht war der Gasstrom zu stark und ging die Luftverdrängung deshalb zu rasch vor sich. Ein solches negatives Resultat ergibt sich ja auch beim Ueberleiten eines zu starken Wasserstoffstromes. — Stickoxydul wirkt nicht anästhetisirend auf die Berberisstaubgefässe (und auf die Narben von Mimulus), was man nach seiner Einwirkung auf den (höheren) thierischen Organismus auch für den pflanzlichen erwarten könnte.

In Stickoxyd will Kabsch das Eintreten einer Reizbewegung der Staubgefässe bobachtet haben. Da es bei seiner Versuchsanstellung — wie überhaupt wohl bei jeder — nothwendigerweise zur Bildung von Untersalpetersäuredämpfen, gerade um die Objecte herum,

gekommen sein muss (was Kabsch unberücksichtigt liess, obschon er weiterhin die heftige, durch diese Dämpfe eintretende Reizung schildert), so wage ich nicht zu entscheiden, ob die beobachtete Reaction das Ergebnis der Einwirkung jener Dämpfe oder des Stickoxydes war, das aber wahrscheinlich nur als indifferentes Gas gewirkt hätte.

Wird reiner Sauerstoff über Berberisblüten geleitet, so reagiren die Filamente nicht, wie wir bereits sahen (S. 105); sie bleiben in diesem Gase selbst 24 Stunden lang reizempfänglich. Es ist daher die Angabe von Kabsch, dass die Staubgefässe nach halb- bis einstündigem Aufenthalt im Sauerstoffgas reizunempfänglich, nach mehrstündigem sogar vollständig getödtet würden, sicher falsch.

Verdrängt man die die Blüthen umgebende Luft durch einen Kohlensäurestrom, so tritt keine Reaction der Filamente ein, weil die Kohlensäure anästhetisirend wirkt, und da die Schnelligkeit, mit der sie wirkt, proportional der Menge ist, so bleibt es sich gleich, ob man einen starken oder einen schwachen Kohlensäurestrom über die Versuchsobjecte leitet. Kabsch hat das Sistiren der Reizbarkeit richtig beobachtet und gibt ausserdem an, dass der Zusatz von Kohlensäure zur atmosphärischen Luft bis zu einem Gehalt von 30 bis 40 % ohne Einfluss bliebe. Ich beobachtete, nachdem die Blüthen fünf Minuten in einer 50 % des Gases enthaltenden Atmosphäre verweilt hatten, bei einigen Staubgefässen bereits den Verlust der Reizbarkeit; nach 10 Minuten dauerndem Verweilen in derselben Atmosphäre war sie bei allen aufgehoben. Bei 80 % Kohlensäure wirkte bereits ein 30 Secunden langes Verweilen lähmend ein. — Hatte der Aufenthalt nicht zu lange gedauert, so kehrte in atmosphärischer Luft die Reizbarkeit sehr schnell zurück.

Wie bereits Kabsch fand, ruft Ammoniakgas eine heftige Reaction hervor. War die Einwirkung nicht zu stark und nicht von zu langer Dauer, so gehen die Filamente wieder in die Anfangsstellung zurück und sind wieder durch Ammoniakgas und durch Berührung reizbar. So konnte ich die Staubgefässe ein und derselben Blüte fünf Mal hinter einander zum Losschnellen bringen. Gerade hierin, in der Möglichkeit, dieselbe Einwirkung mehrmals hinter einander am nämlichen Object wiederholen zu können, liegt meiner Ansicht nach die Berechtigung, diese Ammoniakwirkung als Reizbewegung zu bezeichnen, so gut wie die Reaction auf Berührung. Die Staubgefässe von Berberis sind also auch „chemisch reizbar." Kochendes Wasser oder Salzsäuredampf ruft ebenfalls Reizstellung hervor (Kabsch

leugnet das mit Unrecht für letzteren), doch nur dann, wenn sie das Object gleichzeitig tödten.

3. Helianthemum.

Kabsch[1]) gibt an, dass die Reizbarkeit der Staubgefässe von Helianthemum vulgare bei 5—10 Linien (pariser? = 11—22 mm) Luftdruck erloschen sei, nach Zutritt der atmosphärischen Luft jedoch fast momentan wiederkehre. Er habe während des Evacuirens keine Reizbewegung der Staubgefässe in dem Sinne, wie sie bei Berberis vorliegt, beobachtet, sie am Ende jedoch wegen Geringfügigkeit nur übersehen.

Die Mehrzahl meiner Versuche stellte ich mit Helianthemum polifolium an, das, mit H. vulgare nahe verwandt, ebenfalls gut reizbare Staubgefässe besitzt. Die Blüthen wurden, nachdem Kelch- und Kronblätter weggeschnitten worden waren, an den Glasstab des für die Versuche mit Berberis benutzten und dort (S. 100) beschriebenen kleinen Apparates angebunden und so der Evacuation unterworfen.

War der Luftdruck genügend tief gesunken, so erhielt ich stets eine deutliche Bewegung der Staubgefässe, die dem Aussehen nach völlig der durch mechanischen Reiz erzielbaren glich. Doch musste die Luftverdünnung ziemlich weit getrieben werden, ehe diese Erscheinung eintrat, meist so weit, als es die Pumpe gestattete (ca. 1,5 mm Druck), manchmal noch weiter (durch Wasserstoffeinleiten!), — es traten eben hier, wie überall, beträchtliche individuelle Schwankungen zu Tage. Wie das Evacuiren wirkte auch das Ueberleiten eines Wasserstoffstromes und die Absorption des Sauerstoffs aus einem abgesperrten, die Objecte umgebenden Volum atmosphärischer Luft. Die Versuche wurden in ganz gleicher Weise, wie die entsprechenden mit Berberisblüten ausgeführt.

Bei fortdauerndem Verweilen im luftverdünnten oder durch Absorption fast sauerstofffrei gemachten Raume gehen die Staubgefässe aus der Reizstellung wieder zurück, jedoch nur den halben Weg und sind dann reizunempfänglich. Die Vacuumstarre ist eingetreten, ganz ähnlich wie bei Berberis, nur dass sie sich hier dem Aussehen nach etwas deutlicher vom reizempfänglichen Zustand unterscheidet. Besonders deutlich trat sie bei jenen Versuchen zu Tage, bei denen der Sauerstoff durch Pyrogallussäure absorbirt wurde.

So lange die Staubgefässe während des Evacuirens ihre Bewegung noch nicht ausgeführt hatten, also wenn z. B. das Manometer noch

1) Kabsch, Bot. Ztg. 1862 S. 343.

3,5 — 4,5 mm Druck im Recipienten anzeigte, waren sie für Reiz empfänglich. Der Starrezustand trat erst nach der Bewegung ein. Die Angabe von Kabsch, dass die Reizempfänglichkeit schon bei 11 — 22 mm Druck erlösche, ist zweifellos zu hoch gegriffen und erklärt sich wohl durch das Ausserachtlassen der Wasserdampftension.

Ich habe keine weiteren Versuche darüber angestellt, ob die beim Evacuiren auftretende Bewegung eine Reaction auf den Sauerstoffentzug oder auf die Herabsetzung des Luftdruckes ist. Die Analogie mit Berberis ist so auffallend, dass ich unbedingt beide Erscheinungen auf dieselbe Ursache zurückführen und also auch diese Bewegung als durch den Sauerstoffentzug als solchen bedingt betrachten möchte.

Im Kohlensäurestrom kommt aus denselben Gründen, wie bei den Staubgefässen von Berberis keine Reizbewegung zu Stande.

4. Mimulus.

Angaben über das Verhalten reizbarer Narben bei verminderter Partiärpressung des Sauerstoffes sind mir aus der Litteratur nicht bekannt geworden.

Meine Versuche wurden mit Mimulus moschatus und M. luteus angestellt, besonders mit dem letzteren, die ebenfalls untersuchte Martynia erwies sich trotz der grösseren Narben als weniger brauchbar, ihrer geringeren und früher erlöschenden Reizbarkeit wegen. Aber auch bei Mimulus fand sich zuweilen eine dem Anschein nach unveränderte (zu alte?) Narbe mit spreizenden, aber nicht (mehr) reizempfänglichen Lappen. Die Griffel wurden mit einem Stück des Fruchtknotens abgeschnitten und mit nassem Fliesspapier an einem Glasstab festgebunden. Als Recipient diente wieder der kleine Apparat, den ich für die Experimente mit Berberis benutzt und dort (S. 100) kurz beschrieben habe.

Waren die Objecte überhaupt reizbar, so konnte ich während der Entleerung des Recipienten stets nach kürzerer oder längerer Zeit, sobald der Luftdruck genügend weit herabgesetzt war, ein spontanes Zusammenklappen der Narbenlappen beobachten. Die Schnelligkeit, mit der diese Reaction eintrat, war für ganz gleich behandelte Objecte beträchtlich verschieden, also individuellen Schwankungen unterworfen.

Längeres Verweilen bei einem etwas höheren Druck im Recipienten schien schliesslich dieselbe Wirkung zu haben, wie kurzes bei einem etwas niedrigeren Drucke. Aus diesem Grunde wohl trat bei langsamem Evacuiren die Reaction (dem Drucke, nicht der Zeit

nach) früher ein, als bei raschem. So standen nach viermaligem, sehr schnellem Evacuiren auf 3 mm Druck, mit jedesmaligem Einleiten von Wasserstoff, noch einige Narben (von Mimulus luteus) offen, während einige andere (derselben Species) sich bei gang langsamem Evacuiren schon bei 12 mm Druck zu schliessen begannen. Das Auspumpen hatte eine halbe Stunde gedauert. Wieder andere Narben schlossen sich sogar nach längerem Verweilen in einer Atmosphäre, die durch Auspumpen auf nur 20 mm Druck und Füllen des Recipienten mit Wasserstoff gebildet worden war. — Ausserdem schien bei Mimulus moschatus eine weitergehende Verdünnung der Luft oder eine längere Dauer des Versuches nötig zu sein, wenn die Reaction eintreten sollte, als bei M. luteus.

Dieses spontane Zusammenklappen auf Luftentzug hin gleicht dem durch mechanischen Reiz verursachten vollkommen, nur wird es langsamer ausgeführt; wie bei diesem krümmt sich ein Narbenlappen, wenn der andere weggeschnitten worden war, über die Mittellinie hinaus, hier wie dort müssen also die Lappen ordentlich aneinander gepresst werden. Haben sich die Narben einmal geschlossen, so öffnen sie sich auch nach langem Verweilen in derselben Atmosphäre (in der das Zusammenklappen erfolgte) nicht wieder, sie sind dann vacuumstarr. Der Starrezustand gleicht also hier im Aussehen dem der gereizten Narben. Wenn man sie nach einem nicht zu langen Aufenthalt unter diesen anormalen Verhältnissen an die Luft bringt, spreizen sie nach einiger Zeit wieder und sind dann aufs Neue reizbar.

So lange die Narben während des Auspumpens ihre Schliessungsbewegung noch nicht ausgeführt haben, so lange reagiren sie auch noch auf mechanischen Reiz. Hat die Schliessbewegung bereits begonnen, so wird ihr langsamer Verlauf durch einen solchen beschleunigt, sie sind also selbst dann noch reizbar, wenn sie im Begriffe sind, sich zu schliessen. Hindert man eine Narbe während des Evacuirens am Zusammenklappen (ich erreichte das durch ein entprechend zugeschnittenes, angepresstes Stückchen Hollundermark) und entfernt das Hemmniss erst, wenn sich die übrigen, gleichzeitig evacuirten Narben bereits geschlossen haben, so tritt dennoch eine ziemlich rasch verlaufende Reation ein. Die Schliessbewegung kann daher noch unter einem so geringen Luftdruck ausgeführt werden, dass die Narbe eigentlich schon im Starrezustand sein sollte. Ob sie dann aber am Ende nur durch die mit der Wegnahme des Hemmnisses ermöglichte Ausgleichung einer vorher entstandenen Spannung, also auf rein mechanischem Wege, zu Stande kommt, habe ich nicht geprüft.

Es frägt sich nun, ob die Herabsetzung des Luftdruckes als solchen im Recipienten die Ursache der beim Evacuiren eintretenden Bewegung ist, oder die Abnahme des Sauerstoffes.

Zunächst könnte man, einer von Kabsch für ein anderes Object ausgesprochenen Ansicht folgend, annehmen, die in den Intercellularen des Narbengewebes eingeschlossene Luft könne beim Evacuiren nicht rasch genug entweichen, ihre Ausdehnung hiebei wirke direct, durch Zerrung, reizend ein. Um hierauf eine Antwort zu gewinnen, wurden in wiederholten Versuchen, zusammen mit unverletzten Narben, auch Narben evacuirt, bei denen man durch Anschneiden günstigere Bedingungen für das Entweichen der Luft geschaffen hatte. Es erwies sich jedoch als vollkommen gleichgültig, ob man die Narbe noch im Zusammenhange mit dem Griffel und Fruchtknoten oder mit einem ganz kurzen Stückchen Griffel dem Versuche unterwarf, ob man die Spitzen, selbst die oberen Hälften, oder Stücke von den Seiten der Narbenlappen weggeschnitten hatte, — die operirten Narben zeigten gegenüber den unverletzten nie eine durchgehende Differenz in der Schnelligkeit, mit der die Reaction eintrat, sobald durch gleichzeitige Verwendung einer grösseren Anzahl von Objecten den individuellen Schwankungen Rechnung getragen wurde.

Dass das Zusammenklappen der Narbenlappen, wie wir sahen, auch bei ganz langsamer Evacuation eintritt, nur (dem Drucke nach) etwas früher, weist ebenfalls darauf hin, dass nicht die Ausdehnung eingeschlossener Luft als Ursache aufgefasst werden kann, da ihr während des langsamen Auspumpens mehr Zeit geboten wäre, zu entweichen.

Die Narben schliessen sich auch im Wasserstoffstrom, auch dann, wenn man die Luft ganz allmählich verdrängt. In gleicher Weise reagiren sie auch, wenn man, in der bei Berberis beschriebenen Art (S. 103) der abgesperrten, die Objecte umgebenden Luft mit Pyrogallussäure den Sauerstoff entzieht.

Alle diese Ergebnisse sprechen eben so gut wie die ganz gleichartigen, bei Berberis enthaltenen, dafür, dass die Sauerstoffentziehung als solche und nicht etwa der physikalische Vorgang der Luftverdünnung als Ursache wirkt. — Die so hervorgerufene Bewegung der Narbenlappen gleicht, wie ich bereits gesagt habe, vollkommen der auf mechanischen Reiz hin eintretenden und hierin verhält sich also Mimulus ganz wie Berberis und Helianthemum, der Unterschied besteht nur darin, dass bei Mimulus die Bewegung bei dem Luftdrucke, bei welchem sie eingetreten ist, nicht mehr rückgängig wird, dass hier Reizstellung und Starrestellung habituell

ganz gleich sind. Man könnte deshalb die Bewegung nicht als typische Reizreaction, sondern als den Uebergang in die Vacuumstarre auffassen und das Verhalten der Mimulusnarben mit dem der Mimosenblätter zusammenstellen, statt mit dem der Staubgefässe von Berberis. Man könnte aber auch annehmen, die Luftverdünnung, die die Reaction hervorruft und die, bei der die Vaccuumstarre eintritt, unterschieden sich so wenig, dass, infolge des unterdessen fortdauernden Sauerstoffverbrauches durch die Athmung, nach der Ruhepause, welche immer zwischen Vollendung der Reaction und sichtbarem Beginne der Rückbewegung verstreicht, die Menge Sauerstoff, die eben noch die Bewegung ermöglichte, verbraucht ist. Immerhin erscheint mir diese Annahme gezwungen und die erstere berechtigter.

In reinem Sauerstoffgas scheinen die Narben sich nicht anders zu verhalten, wie in atmosphärischer Luft. Nach einem Aufenthalt von 28 Stunden erhielt ich noch sehr deutliche, nach 48 Stunden noch schwache Reactionen, immer wurde die Bewegung wieder rückgängig. Nach 56 Stunden war die Reizbarkeit erloschen, die Narben waren starr, die Lappen spreizend (also nicht geschlossen, wie bei der Vacuumstarre). Dieser Zustand von Unempfänglichkeit war nicht, wie ich zunächst zu glauben geneigt war, eine Folge des Verweilens im Sauerstoffgas, er trat vielmehr beim Aufenthalt in dampfgesättigter Luft in gleicher Form auf, als Vorbote des mit einer Schliessbewegung verknüpften, endlichen Absterbens der Narbe.

Reines Stickoxydul verhielt sich bei wiederholten Versuchen genau wie reiner Wasserstoff, dessen Wirkung wir bereits (S. 113) kennen gelernt haben. Die Narben schlossen sich, ohne sich in der diese Bewegung hervorrufenden Atmosphäre wieder öffnen zu können; so lange sie noch offen standen, waren sie auch noch reizbar. Stickoxydul kann hier also eben so wenig, wie in allen übrigen exact geprüften Fällen, der Pflanze als Sauerstoffquelle dienen.

Im Kohlensäurestrom schlossen sich die Narben nicht, auch nicht bei längerer Dauer des Versuches. Dieses Gas wirkt eben lähmend ein und zwar so rasch, dass die Unempfindlichkeit schon eintritt, wenn die Verdrängung der Luft durch die Kohlensäure noch lange nicht so weit fortgeschritten ist, um im einen oder anderen Sinne als Reiz wirken zu können. Ein Aufenthalt von 10 Minuten in einem Gemische aus ½ Luft und ½ Kohlensäure genügt, um die Reizbarkeit aufzuheben, bei stärkerem Kohlensäuregehalte ein ent-

sprechend kürzerer. In atmosphärischer Luft kehrt sie wieder zurück.

Ammoniakgas wirkt als Reiz. War die Einwirkung keine zu starke und zu lange dauernde, so wird die Bewegung wieder rückgängig und die Narben für denselben oder einen mechanischen Reiz wieder empfänglich. Salzsäuredampf reizt dagegen nur dann, wenn er, ähnlich wie kochendes Wasser, gleichzeitig tödtlich wirkt.

5. Cynareen.

Kabsch[1]) untersuchte die reizbaren Filamente einiger Centaureaarten auf ihr Verhalten im luftverdünnten Raume und fand, dass bei genügender, nicht näher angegebener Verdünnung die Reizbarkeit erlosch; nach erneuertem Luftzutritt kehrte sie rasch, in vielen Fällen momentan zurück. Während des Evacuirens wollte er das Eintreten einer unzweifelhaften Reizbewegung (Contraction der Filamente) beobachtet haben, die jedoch nie so stark ausgefallen sei, wie auf mechanischen Reiz hin. Ausserdem sei bei jedem Heben des Kolbens der einstiefeligen Luftpumpe ein Auseinanderweichen (Ausdehnung) der Filamente, während jedem Entlassen der Luft aus dem Stiefel ein Zusammensinken (Verkürzung) derselben eingetreten, ein eigenthümlicher, der Reizbewegung gerade entgegengesetzt verlaufender Vorgang, der bei Verwendung einer zweistiefeligen Luftpumpe nur bei verlangsamter Bewegung der Kolben hervortrat und den er auf den Luftzug im Recipienten zurückzuführen suchte.

Ausser diesen Beobachtungen von Kabsch liegt in der Litteratur noch eine Bemerkung Pfeffer's[2]) vor, dass die Reizbarkeit der Filamente von Centaurea Jacea verschwunden gewesen sei, eine Minute, nachdem die Luft durch einen starken Kohlensäurestrom verdrängt worden war. Bei der bekannten, auch in dieser Abhandlung bereits mehrfach hervorgehobenen anästhetisirenden Wirkung der Kohlensäure kann dieses Experiment nicht, wie es sollte, die Abhängigkeit der Reizempfänglichkeit unserer Objecte von der Gegenwart des Sauerstoffes darthun.

Meine Versuche wurden mit Blüthen von Centaurea macrocephala, die auch von Kabsch verwandt wurde, und von C. Jacea angestellt. Die Blumenkronen wurden sorgfältig mit der Scheere weggeschnitten und je 3—4 Objecte mit nassem Fliesspapier rund um

1) Kabsch, Bot. Ztg. 1862 S. 344.
2) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 1 S. 380.

das Ende eines Glasstabes festgewickelt. Als Recipient diente der kleine, bereits mehrfach erwähnte und (S. 100) beschriebene Apparat.

Während des Auspumpens konnte ich mit blossem Auge keine Bewegung der Filamente wahrnehmen, auch bei möglichst weitgehender Luftverdünnung. Ich habe den Recipienten nach der Evacuation mit Wasserstoff gefüllt und aufs Neue ausgepumpt und diese Procedur noch vier Mal wiederholt, ohne dass ich die Reaction, die Kabsch beobachtet haben wollte, eintreten sah. In so sauerstoffarmer Atmosphäre war die Reizempfänglichkeit vollständig erloschen und hatte, ohne eine irgend auffällige habituelle Aenderung, der Vacuumstarre Platz gemacht. Das gleiche Resultat erhielt ich beim Ueberleiten von reinem Wasserstoffgas über die Filamente. Selbst nach mehrstündiger Dauer des Versuches waren die Objecte scheinbar unverändert, nur hatten sie, und zwar recht rasch, die Reizbarkeit eingebüsst. Als ich Messungen mit einem Horizontalmikroskop von grossem Focalabstand machte, konnte ich eine geringfügige, sehr langsame Bewegung wahrnehmen. Die Staubfäden wichen zunächst etwas aus einander, denn nach einiger Zeit maass in einem bestimmten Falle der Durchmesser des Androeceums, an der breitesten Stelle von Filament zu Filament gemessen, $1/13$ mehr als zuvor. In der Folge gingen sie wieder in die Anfangstellung zurück oder näherten sich gar etwas. Diese Bewegung ist offenbar keine typische Reizreaction — sie verläuft ja in entgegengesetztem Sinne —, sie entspricht vielleicht dem zweiten eigenthümlichen, von Kabsch beobachteten Phänomen. Die von diesem Forscher gegebene Erklärung ist sicher nicht stichhaltig, ich weiss zur Zeit aber keine bessere zu geben.

Die reizbaren Staubgefässe der Centaureaarten und wohl der Cynareen überhaupt unterscheiden sich also in ihrem Verhalten im luftleeren resp. sauerstoffreien Raume merklich von den bisher betrachteten Reizbewegungen, einmal dadurch, dass der Sauerstoffentzug als solcher nicht die typische Reizbewegung auszulösen vermag (Unterschied von Berberis, von Helianthemum und vielleicht auch von Mimulus), und ferner dadurch, dass der Uebergang aus dem reizempfänglichen Zustande in die Vacuumstarre ohne merkliche Stellungsänderung vor sich geht. (Hierin kommt ihnen Berberis und Helianthemum am nächsten, bei denen die während dieses Ueberganges ausgeführte Bewegung nicht sehr augenfällig ist.)

Es verdient noch erwähnt zu werden, dass Ammoniakgas keine merkliche Reizbewegung hervorruft, selbst wenn das Object dabei getödtet wird. Die Filamente strecken sich dann nur ganz allmählich gerade. Aehnlich wirkt auch Salzsäuredampf. Die Cynareenfilamente sind also nicht „chemisch reizbar."

6a) u. b). Schlafbewegungen.[1])

Ueber Fortdauer oder Ausbleiben der Schlafbewegungen von Blättern und Blüthen im Vacuum haben Dutrochet und Kabsch einige Beobachtungen angestellt. Dutrochet[2]) fand, dass die Blätter von Mimosa pudica im stark luftverdünnten Raume nicht in die Schlafstellung gehen, dass die offenen Blüthenköpfchen von Leontodon Taraxacum und Sonchus oleraceus sich unter diesen Umständen nicht schliessen und die geschlossenen sich nicht öffnen, und dass die schlafenden Blätter von Robinia Pseudacacia sich in luftfreiem Wasser ebenfalls nicht mehr öffnen. Kabsch[3]) studirte das Verhalten der Blätter an Oxalis, das der Blüthen an Bellis. Im möglichst luftleeren Raume stellten beide Objecte ihre periodischen Bewegungen ein, nahmen sie aber nach erneuertem Luftzutritt wieder auf. Auf die Resultate, welche er bei Einwirkung verschiedener Gase erhielt, komme ich später zu sprechen.

Ich will zunächst die mit Blättern angestellten Versuche schildern. Als Objecte benützte ich eine Anzahl von Leguminosenarten, vor allem Tetragonolobus (biflorus) und Securigera (Coronilla) und ausserdem Oxalis Acetosella. Von den ersteren Pflanzen kamen abgeschnittene Stengel, in kleine Gläschen mit etwas Wasser gestellt, zur Verwendung, als Recipienten dienten die hohen, etwa 1500 cm^3 fassenden Glasglocken, die auch für die Versuche mit Mimosa und mit den Ranken benützt wurden. Durch Auslegen der Innenfläche etwa zur Hälfte mit nassem Fliesspapier wurde für genügende Luftfeuchtigkeit gesorgt. Die Oxalispflanzen wurden mit den Wurzeln ausgehoben und in Standgläser mit weitem Hals gesteckt, die zwischen 120 und 250 cm^3 fassten und deren Boden mit

---

1) Die Schlafbewegungen aller hier untersuchten Blätter werden in Gelenken durch Turgoränderungen ausgeführt. Die der Blüthen beruhen bekanntlich auf Wachsthumsvorgängen. Da aber beide Gruppen von Objecten sich im Wesentlichen gleich verhielten, habe ich der Kürze halber die Darstellungen zu einem Abschnitt vereinigt.

2) Dutrochet, Memoires p. serv. à l'hist. Tom. I. Du réveil et du sommeil des plantes, p. 471 et 495 (Blüthen), p. 512 (Robinia), p. 513 (Mimosa).

3) Kabsch, Bot. Ztg. 1862 S. 356.

einer etwa 2 mm hohen Wasserschicht bedeckt wurde. Die Evacuation wurde erst einige Stunden nach Herrichtung des Versuches begonnen, die Pflanzen wurden inzwischen vor das Fenster gestellt. Das war besonders bei Oxalis nöthig, um die Blättchen, die durch die unvermeidlichen Erschütterungen gereizt worden waren, sich wieder heben zu lassen. Während des Evacuirens konnte ich die Recipienten leider nicht verdunkeln, um die Assimilation der Kohlensäure, diese beständige Sauerstoffquelle, auszuschliessen, denn dadurch wäre ja die Schlafbewegung (zu früh) herbeigerufen worden. Das Verdunkeln erwies sich dann auch bald als überflüssig, weil, wie wir gleich sehen werden, minimale Spuren von Sauerstoff durchaus nicht ausreichen, um den Blättern die Ausführung der Schlafbewegung zu gestatten. Ausserdem war ja der Kohlensäuregehalt im Recipienten durch das Evacuiren gleichfalls sehr vermindert worden. — War der gewünschte Grad der Luftverdünnuug erreicht, so wurde der Recipient, ausgepumpt oder mit Wasserstoffgas angefüllt, vermittelst Quetschhähnen abgesperrt und in den Dunkelschrank gestellt, eventuell ganz unter Wasser gebracht. Stets wurden einige, bis auf das Evacuiren ganz gleich behandelte Controlexemplare gleichzeitig ins Dunkle gestellt.

War durch wiederholtes Auspumpen des Recipienten und Wiederauffüllen mit Wasserstoff der Sauerstoff möglichst verdrängt worden, so unterblieb bei allen untersuchten Pflanzen, in wiederholten Versuchen, trotz vollständiger Verdunkelung, Abends der Uebergang in die Schlafstellung vollkommen; ebensogut natürlich die Wiederentfaltung am Morgen. So verhielten sich nicht nur Securigera, Tetragonolobus und Oxalis, sondern auch Lupinus, Trigonella, Medicago, Trifolium, Amicia. — Nicht alle Pflanzen konnten den Aufenthalt unter diesen abnormen Verhältnissen vom Nachmittag bis zum folgenden Morgen ertragen; Oxalis z. B. ging regelmässig zu Grunde, auch wenn nur ein Mal auf 1,5 mm Druck evacuirt worden war. Schon nach ein paar Stunden zeigten die Blätter gelbe Flecke,[1]) nach 12 Stunden waren sie vollkommen abgestorben.

Sollten wenigstens die Anfänge der Schlafbewegung eintreten, so musste der Luftdruck im Recipienten bei Oxalis noch 25 mm betragen, d. h. es mussten noch 3,5 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge vorhanden sein. Bei Securigera und Tetragonolobus begann sie bei 20 mm Druck, der einem Sauerstoffgehalt von 3 %

1) Die Gelbfärbung entsteht durch die Einwirkung des stark saueren Zellsaftes auf die Chlorophyllkörner, sie zeigt also den Tod der Zellen an. (Vgl. Wiesner, Die Entstehung des Chlorophylls, S. 11 Anm.)

der anfänglichen Menge dieses Gases entspricht; bei 35 mm Druck, fast 5% der anfänglichen Sauerstoffmenge, schloss Securigera ihre Blätter bereits in ziemlich kurzer Zeit vollständig, während Tetragonolobus lange brauchte, bis seine Blätter in dieser Atmosphäre entspreshend tief schliefen. Am folgenden Morgen reichte aber die noch vorhandene Menge Sauerstoff, offenbar infolge des Consums durch die Athmung während der Nacht, nicht mehr dazu aus, dass die Blättchen sich wieder entfalten konnten. In diesen und ähnlichen Fällen zeigte es sich, dass die jüngeren Blätter im Allgemeinen mit weniger Sauerstoff zufrieden waren als die älteren.

Hatten die Pflanzen 18—20 Stunden in einer Atmosphäre verweilt, deren Sauerstoffgehalt ihnen die Ausführung der Schlafbewegungen nicht mehr gestattete, ohne sie jedoch sichtlich zu schädigen, so dauerte es nach dem Zurückbringen in atmosphärische Luft gewöhnlich einige Zeit, ehe sie wieder ihre Schlafbewegungen auszuführen begannen. Dann schienen sie sich zunächst gar nicht an die Tageszeiten zu kehren, die Blätter öffnen sich event. Nachmittags und schlossen sich Morgens. Auch hier tritt also Vacuumstarre ein, von der sich die Objecte nachher erst wieder erholen müssen. Die eigenthümliche Verschiebung der Tagesperiode, die sich nach wiederhergestellter Bewegungsfähigkeit zunächst beobachten lässt, weist wohl darauf hin, dass diese ersten Bewegungen nicht von der Aussenwelt hervorgerufen werden, also keine Reizerscheinungen sind, sondern auf inneren Ursachen beruhen, wie jene Bewegungen, die wir an den Blättern im Finstern stehender, zum Schlafen befähigter Pflanzen tagelang und schliesslich ohne alle Uebereinstimmung mit der Tageszeit fortdauern sehen. Erst nach und nach wirkt dann der Beleuchtungswechsel regulirend ein. — Nach einer interessanten Beobachtung Dutrochet's[1]) nimmt Mimosa pudica nach einem längeren Aufenthalt im Vacuum früher ihre Schlafbewegungen wieder auf, als ihre Reizbarkeit (durch Stösse) zurückkehrt. Aus der Beschreibung des Versuches ist nicht recht zu entnehmen, ob die Bewegungen wirklich den Tageszeiten entsprachen und ob sie rein autonome oder Reizbewegungen waren. Im letzteren Falle wäre es sehr beachtenswerth, dass der Lichtreiz früher wieder percipirt wird als der mechanische Reiz. Leider bin ich zur Zeit nicht im Stande, diese Beobachtungen zu wiederholen.

---

1) Dutrochet, Memoires p. serv. Tom. I, De l'excitabilité végétale, p. 556.

Ganz ähnliche Resultate, wie die Blätter, lieferten mir auch die untersuchten Blüthen. Es wurde hauptsächlich Dimorphotheca pluvialis, eine grossblüthige Composite mit Abends zusammenschliessenden Strahlenblüthen, verwandt in Ermangelung einer genügenden Menge von Bellis. Als Recipienten dienten etwas kleinere Glocken, als sie für die Blätter zur Verwendung kamen, im Uebrigen wurden die Versuche in ganz gleicher Weise angestellt.

Im möglichst sauerstofffreien Raume unterblieb Abends die Schliessbewegung der offenen, Morgens das Oeffnen der geschlossenen Köpfchen. Um eine deutliche Bewegung eintreten zu lassen, musste man spätestens bei 15 mm Druck, besser schon bei 21 mm, die Evacuation unterbrechen, also bei einem Gehalt von 2 bis 3 % der ursprünglichen Menge von Sauerstoff im Recipienten. Etwa die gleichen Anforderungen stellten auch die Blüthen von Calendula arvensis und von einem Hieracium, eine geringere die von Tragopogon ericoides. — Auch bei den Blüthen tritt durch den Aufenthalt in einer nicht genügende Mengen Sauerstoff bietenden Atmosphäre ein Starrezustand ein, der auch nach dem Zurückbringen der Objecte an die atmosphärische Luft noch einige Zeit andauert.

Wie schon erwähnt, hat Kabsch auch die Wirkungsweise verschiedener Gase in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Bei seiner unzureichenden Versuchsanstellung mussten Irrthümer mit unterlaufen; ich habe desshalb die Angaben wenigstens theilweise einer Nachprüfung unterworfen.

Das Verhalten in reinem Wasserstoff entspricht bei dem vollkommen indifferenten Charakter dieses Gases natürlich dem im Vacuum: die Schlafbewegungen sind sistirt. Kabsch sah die Blüthen von Bellis ihre Schlafbewegungen in „reinem" Wasserstoff bald einstellen, die Oxalisblätter sollten sie aber noch 48 Stunden lang ausgeführt haben. Er hat diese letzteren Objecte offenbar in ein viel Luft enthaltendes Gas gebracht, das geht aus der weiteren Angabe hervor, die Blätter seien darin vier Tage lang frisch geblieben; nach meinen Versuchen sterben die Oxalisblätter bereits nach einem Aufenthalt von mehreren Stunden im reinen Wasserstoffgase ab.

In Sauerstoff sah ich die Blätter von Oxalis 48 Stunden lang, so lang der Versuch dauerte, ihre Bewegungen ganz normal ausführen. Die Angabe von Kabsch, dass die Bewegungen desselben Objectes sehr schnell, die der Blüthen von Bellis langsamer

gehemmt worden seien, ist offenbar durch Verunreinigung seines Sauerstoffes durch ein schädliches Gas bedingt worden. Der von mir verwandte Sauerstoff mag insofern nicht ganz rein gewesen sein, als er etwas Stickstoff und etwas Kohlensäure (aus dem Wasser des Gasometers) enthalten haben mag; auf absolute Reinheit kam es aber hier auch gar nicht an, so lange nur keine schädlichen Bestandtheile beigemischt waren. Denn wenn die Pflanze eine Atmosphäre mit 99 % Sauerstoff verträgt, so verträgt sie sicher auch 100 %, da ja der Sauerstoff, zum Mindesten auf kürzere Zeit hinaus, das einzige wirklich nöthige Gas ist.

In einer Atmosphäre, die 20 % Luft und 80 % Kohlensäure enthielt, sah ich Tetragonolobus nur träge seine Schlafbewegungen ausführen; betrug der Kohlensäuregehalt 99 %, so trat überhaupt keine Bewegung mehr ein. Die Pflanze überstand einen 24 stündigen Aufenthalt in diesem Gasgemenge, ohne merklichen Schaden zu nehmen, erwies sich aber nach ihrer Rückkehr an die atmosphärische Luft als anästhetisirt; es dauerte ziemlich lange, ehe sie wieder ihre periodischen Bewegungen aufnahm. Etwas Aehnliches hatte schon Kabsch für Oxalis gefunden, die in reiner Kohlensäure verweilt hatte. Diese letztere Angabe ist nicht genau zu nehmen; im reinen Gase wurden nach meinen Erfahrungen nicht nur die periodischen Bewegungen der Oxalisblätter sistirt, sondern nach 7 Stunden traten auch die gelben Flecken auf den Blättern auf, die Anzeichen des Absterbens. Kabsch will ausserdem durch Erschütterungen zum Senken gebrachte Blättchen sich in der Kohlensäure wieder heben und die Blätter sich nach dem Lichte orientiren gesehen haben, und zwar letzteres noch rascher als an atmosphärischer Luft. Offenbar war auch bei diesen Versuchen seine Kohlensäure stark vermischt mit atmosphärischer Luft, denn alle Wiederholungsversuche haben mir nur negative Resultate ergeben.

Die Einwirkung des Stickstoffes hat Kabsch richtig beschrieben, offenbar, weil ihm hier seine Versuchsanstellung (Absorption des Sauerstoffes aus einem abgesperrten Volum atmosphärischer Luft) ein genügend reines Gas lieferte. Die Bewegungen werden nicht mehr ausgeführt, die (Oxalis-) Blätter sterben nach 6—8 stündigem Aufenthalt in dem Gase ab.

Im Stickoxydul will Kabsch eine ungehinderte Fortdauer der Schlafbewegungen, Tage lang, beobachtet haben. Sicherlich war das Gas, das er zu diesen Versuchen verwendete, mit genügenden Mengen atmosphärischer Luft gemischt. Das reine Gas hätte, wie ich mit Sicherheit nach meinen an den Staubgefässen von Berberis

und den Narben von Mimulus erhaltenen Resultaten behaupten darf, genau wie Wasserstoff oder Stickstoff gewirkt: die Bewegungen wären sistirt worden. Eigene Versuche habe ich nicht angestellt.

7. Drosera (rotundifolia).

Ueber den Antheil, den der Sauerstoff am Zustandekommen der Reizbewegung der Tentakeln des Droserablattes nimmt, liegen, soweit mir die Litteratur bekannt geworden ist, noch gar keine Angaben vor.

Nachdem Vorversuche ergeben hatten, dass die Evacuation an und für sich nicht als Reiz wirkt und dass jedenfalls noch bei sehr geringen Mengen von Sauerstoff die Reize percipirt und die inducirten Krümmungen der Tentakeln ausgeführt werden, stellte ich meine Hauptversuche in folgender Weise an.

In einen 20 — 40 cm^3 fassenden Glaskolben, mit weitem, ausgeschliffenem Halse, wurde die zur Reizung benützte Flüssigkeit gebracht, und zwar 0,5 — 1 cm^3 einer 2 : 1000 Ammonphosphatlösung, um chemisch zu reizen, oder 0,5 — 1 cm^3 eines dünnflüssigen, aus Bimsteinpulver oder gestossenem Glase nnd Wasser hergestellten Breies, um einen mechanischen Reiz auszuüben. Das Wasser, das zur Herstellung diente, rief an und für sich, wenigstens während der Zeit, die die Versuche dauerten, keine Reaction hervor; es kam ausgekocht zur Verwendung, event. wurde destillirtes Wasser benützt, die Lösungen wnrden stets nochmals ausgekocht. Der Kolben wurde hierauf mit einem guten, doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen. Die eine Bohrung hatte eine Glasröhre aufgenommen, die am einen Ende zugeschmolzen war, am anderen, offenen das mit dem Stiel in sie hinein gesteckte Droserablatt trug; in die andere Bohrung wurde ein zwei Mal knieförmig gebogenes Glasrohr sorgfältig, aber fest eingesteckt, das den ungefähr horizontal liegenden Recipienten mit der Luftpumpe in Verbindung brachte. Das Manometer liess ich weg, um das Volum des Apparates möglichst zu verkleinern und so ganz rasch ein möglichst vollkommenes Vacuum herstellen zu können; jede Evacuation dauerte so lange, dass ich sicher sein konnte, der Recipient sei so vollständig ausgepumpt, als es die Pumpe gestattete. Um jede Sauerstoffbildung durch Assimilation auszuschliessen, wurde die Flasche mit einem schwarzen Tuch umwickelt. Der ganze Recipient kam unter Wasser, um vollkommene Dichte der Verschlüsse zu erzielen. War die gewünschte Luftverdünnung erreicht worden, so wurde durch Neigen des bis dahin horizontal gehaltenen Kolbens

das Object aus dem tragenden Rohre heraus, in die Flüssigkeit geworfen. Der Apparat wurde dann, evacuirt oder mit Wasserstoff gefüllt, abgesperrt und bei Lichtabschluss unter Wasser gelassen, bis nach einigen Stunden das Verhalten des Blattes geprüft werden konnte. — Um sicher zu sein, dass die Krümmung der Tentakeln nicht durch Reizung während der Präparation oder dem Einführen des Blattes in den Kolben bedingt worden war, wartete ich immer einige Zeit, wenn der Apparat vollständig versuchsbereit war, um das Verhalten des Objectes zu prüfen und wieder von vorne anzufangen, wenn sich während dieser Zeit der Beginn einer Einkrümmung zeigte.

Die Luftverdünnung wurde stets sehr weit getrieben, meist wurde 5—10 Mal hinter einander auf das Minimum, auf 1,5 mm Druck, evacuirt, mit jeweiligem Auffüllen des Recipienten mit Wasserstoff. Um einen Gasaustausch zwischen dem Blatte und dem umgebenden Gase zu ermöglichen, blieb der Recipient immer einige Minuten lang gefüllt, ehe die neue Evacuation begann. Die Gesammtmenge des endlich noch vorhandenen Sauerstoffs berechnete sich, wenn fünf Mal ausgepumpt worden war, auf 0,000 000 000 032 % der anfänglichen Menge, wenn 10 Mal ausgepumpt worden war, auf

0,000 000 000 000 000 000 000 000 2 %

und je nach der Grösse des als Recipient dienenden Kolbens, auf

0,000 000 000 1 — 0,000 000 000 000 000 000 000 000 8 cm^3.

Die noch vorhandene Menge Sauerstoff war also so gering, dass man sie dreist gleich Null setzen darf, eine absolute Abwesenheit lässt sich ja überhaupt wohl nicht verwirklichen.

Technisch schwieriger, als die möglichst weitgehende Verdrängung des freien Sauerstoffes aus dem Luftraum des Recipienten, war die Beseitigung des Absorbirten aus der zur Ausübung der Reize verwandten Flüssigkeit. Es kam deshalb stets nur eine möglichst geringe Menge in frisch ausgekochtem Zustande zur Verwendung, die im Glase eine grosse Oberfläche bei geringer Tiefe bildete, so dass für das Entweichen der Gase gut gesorgt war. Ich gab mich aber hiemit noch nicht zufrieden, sondern verwandte, auf den Vorschlag des Herrn Geheimrath Pfeffer hin, neben den übrigen Mitteln, die bedeutende sauerstoffabsorbirende Kraft gährender Hefe, um wo möglich die letzten Spuren dieses Gases zu beseitigen. Zu diesem Zwecke wurde zu dem ½ bis 1 cm^3 der 2 : 1000 Ammonphospatlösung ein gleiches Quantum 2 : 100 Zuckerlösung und etwas mit Wasser abgewaschene Hefe zugesetzt, im Weiteren gleich behandelt und nach der letzten Evacuation einige Zeit gewartet, ehe das Blatt in die Flüssigkeit ge-

worfen wurde. Unterdessen wurde ausserdem der etwa noch im Blatte selbst vorhandene Sauerstoff durch die Athmung verbraucht.

Bei diesen Versuchen wurde der Recipient gewöhnlich nach der letzten Evacuation abgesperrt, ohne mit Wasserstoff gefülllt zu sein, da dieser trotz des Waschens mit alkalischer Lösung von Pyrogallussäure am Ende doch vielleich nicht absolut sauerstofffrei sein konnte. Nach Abschluss des Versuches konnte der Recipient unter Quecksilber geöffnet werden, das in ihm aufstieg, und das Volum der dabei sich bildenden Gasblase berechnet werden. Zur Absorption der von der Hefe und dem Objecte ausgehauchten Kohlensäure liess ich vorher noch etwas Natronlauge aufsteigen. Ich fand das Volum der Gasblase in den geprüften Fällen zwischen 0,1—0,2 % des Gesammtvolums schwankend, meist nur wenig über 0,1 %. Dadurch wurde der Beweis geliefert, dass die Evacuation noch weiter getrieben werden konnte, als bei der schon mitgetheilten Berechnung angenommen wurde (denn 0,1 Volum % entspricht ungefähr 0,75 mm Druck, 0,2 Volum % also erst 1,5 mm). Ausserdem wurde durch das Quecksilber und die Natronlauge, welche beide nicht luftfrei waren, eine kleine, das Volum der Gasblase vergrössernde Fehlerquelle eingeführt und zudem wurde sie noch durch den Zug der etwa 10 cm hohen Quecksilbersäule vergrössert. Die Berechnung muss also eher zu grosse als zu kleine Werthe für die eventuell noch vorhandene Sauerstoffmenge geliefert haben.

Die zahlreichen, in dieser Weise mit oder ohne Verwendung von Hefe angestellten Versuche ergaben für die Mehrzahl der Blätter eine deutliche Reaction der Tentakeln, sobald nach Vollendung der Evacuation nicht zu lange mit dem Abwerfen der Versuchsobjecte in die Reizflüssigkeit gewartet wurde. Nach sechsstündiger Pause sah ich die Blätter noch reagiren, nach zwölfstündiger nicht mehr. Die Blätter waren dann dem Aussehen nach unverändert, der Uebergang in die Vacuumstarre vollzog sich also ohne merkliche Bewegungen. — Die Ausnahmefälle, in denen trotz nicht zu langem Warten keine Reaction eintrat, dürften sich ungezwungen durch zu geringe oder ganz fehlende Reizempfänglichkeit der Versuchsobjecte erklären. Weiss man doch seit Darwin, dass scheinbar ganz normale Blätter zuweilen aus einem inneren Grunde nicht reagiren. — Der Grad der Einkrümmung der Tentakeln erwies sich bei ganz gleich behandelten Blättern als verschieden, ebenso wurden zuweilen nur einzelne Tentakeln eines Blattes eingekrümmt. Solche individuellen Verschiedenheiten, nicht nur zwischen den Blättern unter sich, sondern auch

zwischen den Tentakeln ein und desselben Blattes, sind schon von anderen Versuchen her bekannt.

In keinem Falle konnte ich an den Blättern, die deutlich reagirt hatten, nach sorgfältigem Abwaschen und Einlegen in reines Wasser ein Zurückgehen der Einkrümmung der Tentakeln beobachten, in vielen Fällen waren die Blätter augenscheinlich tod, als sie aus dem Recipient herauskamen, in anderen starben sie bald ab. Wahrscheinlich dauerten die Versuche zu lange. Die directe Tödtung der Blätter ruft keine Bewegung der Tentakeln hervor, wie ich noch ausdrücklich bemerken will.

Wir sehen also, dass die Droserablätter noch bei Anwesenheit so geringer Sauerstoffmengen auf Reize zu reagiren vermögen, dass man dreist sagen darf, sie reagiren auch ohne Sauerstoff. Denn der Gehalt hievon in Gefäss und Reizflüssigkeit war, wie wir sahen, auf ein Minimum herabgedrückt und der im Blatt zurückgehaltene Sauerstoff in den Fällen wenigstens, wo zwischen Vollendung der Evacuation und Einleitung der Reizung 4 — 6 Stunden verstrichen, wohl durch die Athmung verbraucht worden. Der Umstand, dass die Blätter bei noch längerem Verweilen im Vacuum starr wurden, erklärt sich leicht durch den direct schädigenden Einfluss des Sauerstoffmangels. Immerhin scheint es, dass die Reizempfänglichkeit etwas früher erlischt als die Fähigkeit, die Reaction auf den Reiz auszuführen; schliesslich müssen aber alle beide erlöschen; es werden ja selbst Processe, die ganz sicher von der Gegenwart freien Sauerstoffes unabhängig sind (intramoleculare Athmung) im sauerstofffreien Raume endlich sistirt.

Dass die Reizempfänglichkeit früher als andere Functionen erlischt, scheint mir aus einigen Versuchen hervorzugehen, bei denen ich Blätter mit ausgekochtem Wasser sorgfältig injicirte, ohne sie dabei zu reizen. Nach längerem Aufenthalt unter Wasser wurden sie in Ammonphosphatlösungen und Peptonlösungen gebracht, ohne dass eine Reaction eintrat, wohl aber krümmten sich auch in reinem Wasser die Randtentakeln allmählich zurück, ein Beweis für die Fortdauer ihres Wachsthumes.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass im sauerstofffreien Raume sowohl der chemische als der mechanische Reiz wirksam erscheint.

Beachtenswert ist endlich noch, dass wir hier einen Fall vor uns haben, in welchem für kurze Zeit als Begleiterscheinung Wachsthum ohne Sauerstoff (oder mit ausserordentlich geringen Spuren, mit weit weniger als nach Wieler[1]) das anspruchloseste Object, die Keim-

1) Wieler, Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 202.

linge von Helianthus, brauchen) vor sich geht. Denn auf Wachsthum beruht die Einkrümmung der Tentakeln. Dafür sprechen zwar schon die bekannten Messungen Batalins,[1]) der die Länge der Tentakeln nach der Ausgleichung einer Einkrümmung vergrössert fand; doch ist aus den mitgetheilten Zahlen die Grösse des Antheils, den das Wachsthum an der Bewegung hat, nicht ermittelbar, weil er versäumt hatte, zu bestimmen, ob die von ihm beobachtete Verlängerung zur Ausführung der Biegung genügte und ob nicht ein Theil derselben (oder gar alles) auch ohne die Reizung zu Stande gekommen wäre. Denn er maass nicht das Wachsthum der Innen- und Aussenseite getrennt, sondern das einer durch Marken abgegrenzten Strecke, deren Lage am Tentakel er verschweigt. — Dass die Krümmung ganz allein durch Wachsthum ausgeführt wird, das geht aus Versuchen hervor, bei denen während der Ausführung der Bewegung der Turgor (durch heisses Wasser) aufgehoben wurde und wobei eine irgend merkliche Ausgleichungsbewegung (wie sie die Ranken z. B. so überaus deutlich zeigen) niemals eintrat. Das hätte der Fall sein müssen, wenn die Bewegung auf einer nicht sofort durch Wachsthum[2]) ausgeglichenen Turgoränderung oder einer Aenderung der Elasticität der Zellenmembranen bei gleichbleibendem Turgor beruhen würde. Im Uebrigen ist hier nicht der Platz, weiter auf die noch sehr dunkle Mechanik der Einkrümmung einzugehen.

8. Ranken.

Ueber das Verhalten der Ranken bei vermindertem Partiärdruck des Sauerstoffes und im Vacuum liegen noch keine Angaben vor.

Meine Versuche wurden theils mit Passiflora gracilis, theils mit verschiedenen Cucurbitaceen, vor allem mit Bryonia, Sicyos und Cyclanthera angestellt. Zur Verwendung kamen entweder ganze Zweigstücke mit den von ihnen getragenen Ranken, oder die Ranken (oder Rankenträger) wurden an der bekanntlich reizunempfänglichen Basis abgeschnitten. Die Objecte kamen in kleine, gerade passende, mit dem nöthigen Wasser gefüllte Reagenzröhrchen, die in Gummistopfen gesteckt wurden. Als Recipienten dienten mir hohe, schmale Glasglocken von ca. 1500 cm^3 Inhalt, oben mit ausgeschliffenem Tubulus, die mittels einer Mischung von Wachs und Fett auf fein

1) Batalin, in Flora 1877 S. 39 (Drosera longifolia).

2) Ob das Wachsthum im Speciellen auf wirklichem Wachsen oder einem Dehnbarerwerden der Zellmembranen (ohne Elasticität) beruht, muss hier unentschieden bleiben.

abgeschliffene Glasplatten luftdicht aufgesetzt und mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen wurden. Eine Bohrung nahm die kleine, bei Gelegenheit der Besprechung der Versuche mit Mimosa bereits beschriebene Vorrichtung auf; der Messingdraht trug nun ein mit Kautschukringen befestigtes Holzstäbchen, dessen rauhe Oberfläche mir geeigneter erschien, als der glatte Draht, um die Ranken zu reizen. Das fast immer leicht gekrümmte Rankenende konnte stets bequem gerieben oder mit einiger Sorgfalt so an das etwas schräg geneigte Stäbchen herangebracht werden, dass die reizempfängliche Flanke mit ihm in dauernden Contact kam.

Das Aufsetzen und Festdrücken der Glocke, sowie das Einschalten derselben in den ganzen Apparat (durch das T-Rohr der zweiten Bohrung des Kautschukstopfens), erforderte natürlich stets grosse Vorsicht, um nicht vor Beginn der Evacuation die Ranke zufällig zu reizen. Um ganz sicher zu gehen, schob ich immer zwischen den Zeitpunkt, wo alles zum Experiment bereit war, und den Beginn desselben eine Beobachtungszeit ein, während der eine vorgängige Reizung sich durch beginnende Einkrümmung verrathen musste, eine Vorsichtsmaassregel, welche sich einige Male als nöthig erwies.

Ein Vorversuch hatte ergeben, dass die grünen Ranken ganz energisch assimiliren.[1]) Nun wäre freilich bei der geringen disponiblen Menge Kohlensäure (die ja bei der Evacuation gleichzeitig mit den übrigen Luftgasen entfernt wird) das in der Wasserstoffatmosphäre oder im Vacuum producirte Quantum Sauerstoff als solches kaum zu berücksichtigen gewesen, wenn nicht der Ort der Entstehung, der ja mit der Consumstelle zusammenfiele, zur Vorsicht gemahnt hätte. Ich schloss daher bei meinen Versuchen zunächst das Licht aus, indem ich den ganzen Recipient mit einem schwarzen Tuch verhüllte, fand aber bald, dass diese Maassregel nicht gerade nöthig war. Es zeigte sich nämlich, dass die Assimilationsthätigkeit der Ranke nicht im Stande war, im luftverdünnten Raume ihr das zur Ausführung der Reizkrümmung oder der spontanen Einrollung nöthige Quantum Sauer-

---

1) Am Abend eines hellen Tages wurden Ranken von Bryonia (von einem im Freien stehenden Stocke) der Sachs'schen Jodprobe unterworfen. Sie wurden ganz schwarz. Vergleichsobjecte, die im Zusammenhang mit ihren Sprossen 12 Stunden lang (von Abend bis Morgen) im Finsteren geblieben waren, besassen fast keine Stärke mehr. — Im ersteren Falle hatten sich vor Allem die grünen, von einer spaltöffnungsreichen Epidermis bedeckten Längsstreifen der Ranken am stärksten geschwärzt. Die Schliesszellen der Spaltöffnungen führen reichlich Stärke, sie functioniren höchst wahrscheinlich normal.

stoff zu liefern. Leider versäumte ich, festzustellen, ob daran der Sauerstoffmangel Schuld war, oder die beim Evacuiren eintretende Verminderung der Kohlensäure, oder ob endlich wirklich etwas Sauerstoff producirt wurde, derselbe jedoch nicht ausreichte oder anderweitig verwendet wurde.

Die Evacuation selbst wirkt nicht reizend und die beim nachträglichen Einlassen von Wasserstoff nothwendigerweise eintretende Injection der Ranken musste nach den Erfahrungen von De Vries[1]) die Reizbarkeit noch erhöhen.

Zunächst war bei wiederholten Versuchen leicht zu constatiren, dass im möglichst sauerstofffreien Raume durch keine auch noch so lange dauernde Berührung mit dem Holzstäbchen oder dem Drahte eine Reizbewegung sich hervorrufen liess, gleichgiltig, ob der Recipient evacuirt geblieben oder mit Wasserstoff angefüllt worden war. War die Ranke vor der Evacuation gereizt worden, so schritt die Einrollung während derselben zunächst noch etwas weiter, hörte aber auf, sobald das Manometer einen hinreichend geringen Druck im Recipient anzeigte. Es trat also Vacuumstarre ein.

Ein längerer Aufenthalt unter diesen anormalen Verhältnissen äusserte sich nach dem erneuerten Zutritt der atmosphärischen Luft noch fernerhin in einer Unempfindlichkeit für Reize, die um so länger anhielt, je länger der Aufenthalt im sauerstoffarmen Raume gedauert hatte oder je vollständiger der Sauerstoff verdrängt worden war. Dieser Starrezustand beschränkte sich jedoch augenscheinlich nicht bloss auf die Reizperception und die durch eine solche inducirte Krümmung, sondern hemmte auch die mit dem Alter eintretende hyponastische Einrollung. In der atmosphärischen Luft begann nämlich auch diese nicht sogleich wieder, erst nach einiger Zeit nahm die Ranke die durch die Evacuation unterbrochene Bewegung wieder auf und führte sie zu Ende.

War eine Ranke im sauerstofffreien Recipienten mit dem Holzstäbchen gerieben worden oder längere Zeit hindurch in Contact mit ihm gewesen, so konnte ich nach erneuertem Luftzutritt keine Reizbewegung wahrnehmen. Dasselbe war auch der Fall, wenn der Recipient nicht sauerstofffrei, aber doch so arm an diesem Gase war, dass die Reizung in ihm selbst nicht deutlich wurde.

Es gab also keine „Nachwirkung“. Das Einströmenlassen der Luft in den Recipienten hatte sehr sorgfältig zu geschehen, ging es

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 220.

zu rasch vor sich, so hatte es heftige Bewegungen der Ranken und dabei leicht ein Anschlagen an den vorher weggedrehten Reizapparat zur Folge. War das ganz vermieden worden, so zeigten die Ranken nie eine Einkrümmung; war es eingetreten, so liess die Spitze oft eine leichte Einkrümmung erkennen, die aber nie weiter schritt und sich später wieder ausglich. Ich stehe nicht an, diese Krümmung als Analogon jener Beugungen aufzufassen, die an geschüttelten Sprossgipfeln auftreten[1]) und sehe keine typische Reizbewegung darin.[2]) Sobald man wusste, dass die Reizbewegung gar nicht zu Stande kommt, liess sich übrigens das Ausbleiben der Nachwirkung aus ihrem Wesen voraussagen, aus denselben, eigentlich selbverständlichen Gründen, die ich später (S. 133) klarlegen will. Hier, wo, wie wir sehen werden, manches dafür spricht, dass die Reizempfänglichkeit bereits bei einer höheren Partiärpressung des Sauerstoffes erlischt als die von einem Reize inducirte Bewegung, war das Suchen nach einer Nachwirkung natürlich ganz umsonst.

Will man deutliche Reizbewegungen erhalten, so muss der Sauerstoffgehalt im Recipienten ein noch verhältnissmässig bedeutender sein. Der genauen Angabe des Druckes, bei dem die einzelnen Species noch reagiren, stehen auch hier, wie sonst immer, die individuellen Schwankungen hindernd im Wege. Immerhin erhellt aus meinen Versuchen, dass die untere Grenze für Passiflora gracilis bei 20—30 mm Quecksilberdruck liegt (gleich 3—4 % der anfänglichen Menge Sauerstoff), für Sicyos bei 22—33 mm (gleich 3—4½%), für Bryonia bei 20—28 mm, für Cyclanthera pedata endlich bei 15—24 mm (2—3 %).

Die untere Grenze für das Einrollen, das spontane sowohl als das durch einen noch unter normalen Verhältnissen applicirten Reiz bedingte, schien bei Sicyos, der einzigen in dieser Hinsicht untersuchten Pflanze, tiefer zu liegen als die für die Reizperception. Wenigstens sah ich die Einrollung bei 15 mm Druck noch fortdauern,

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 23.

2) Pfeffer (Zur Kenntniss der Kontaktreize, Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 490) sah auf kräftige mechanische Erschütterungen hin ebenfalls wohl Krümmungen, die auf der „Plasticität" der Ranken beruhten, aber keine eigentliche Reizbewegung eintreten, genau wie bei Bearbeitung mit einem Gelatinestäbchen. Für unseren Fall aber bleibt es sich offenbar ganz gleich, ob die Ranke in reizbarem Zustande durch einen nicht reizend wirkenden Körper (feuchte Gelatine) oder im reizunempfänglichen Zustande durch einen reizend wirkenden Gegenstand gebogen wird. Wenn die reizbare Ranke in gleicher Weise mit einem reizenden Körper behandelt wird, verdeckt die Reizbewegung die „plastische" Krümmung.

während vergleichende (aber an anderen Objecten angestellte) Versuche das Erloschensein der Reizempfänglichkeit anzeigten. Wird sich diese Beobachtung bestätigen, so liegt hier der erste Fall vor, wo sich Reizempfänglichkeit und Ausführung der Reizbewegung experimentell trennen lassen, und zwar in dem Sinne, dass diese weniger Sauerstoff braucht als jene.

Eine „chemische Reizbarkeit“ der Ranken in dem Sinne, wie sie uns bei den Staubgefässen von Berberis, bei den Narben von Mimulus und den Blättern der Mimose entgegentrat, existirt meinen Erfahrungen nach auch bei den reizbarsten Objecten nicht, wenn nicht die sogleich zu besprechende Wirkung der Kohlensäure so aufzufassen ist.

Das Verhalten der Ranken in einer an Kohlensäure reichen Atmosphäre bot in mehrfacher Hinsicht Interesse. In einem Gemische von 12 % atmosphärischer Luft und 88 % Kohlensäure wirkte nach kurzer Zeit die Berührung mit dem Holzstäbchen nicht mehr reizend; das Versuchsobject (Ranke von Sicyos) rollte sich später, von der Spitze an ganz allmählich spiralig ein, das Holzstäbchen, das in die erste gebildete Windung gesteckt wurde, wurde dabei nicht recht ergriffen. Wie weitere Beobachtungen zeigten, war diese Einrollung nicht etwa durch die vorhergehende Reizung bedingt worden. In einem Gemenge von 6 % atmosphärischer Luft und 94 % Kohlensäure erfolgte zunächst, ohne Reizung durch das Stäbchen, eine Einrollung der Ranken, die aber bald aufhörte. Nach vierstündigem Verweilen im Recipienten an die atmosphärische Luft zurückgebracht, schienen die Ranken ihre Reizbarkeit dauernd eingebüsst zu haben. Sie wurden mit den im Beginn ihres Aufenthaltes in der Kohlensäure gebildeten Windungen um Holzstöckchen gewickelt, statt dass sie diese aber zu ergreifen suchten, wickelten sie sich in den folgenden 18 Stunden ganz ab und erwiesen sich auch fernerhin für Contactreiz ganz unempfänglich. Schliesslich rollten sie sich spontan ein. — Das eigenthümliche Sicheinrollen der Ranken in der Kohlensäureatmosphäre scheint für die Annahme eines von diesem Gase ausgeübten Reizes zu sprechen, besonders da die Einrollung wieder ausgeglichen werden kann. Sehr auffallend ist es ferner, dass der mechanische Reiz nicht mehr percipirt werden konnte, als diese Bewegung eintrat, das Gas also die Perception schneller lähmt als die Reactionsfähigkeit. Einen Einblick in diese dunklen Vorgänge können nur weitere Untersuchungen geben.

9. Geotropismus.

Wortmann[1]) theilte in seiner dem Studium der intramolecularen Athmung gewidmeten Arbeit beiläufig mit, dass Keimlinge in der Toricelli'schen Leere keine geotropischen Krümmungen ausgeführt hätten. Später widmete er[2]) eine ausführlichere Untersuchung der Frage, ob der krümmungsfähige Pflanzentheil nach empfangenem Reize, schon vor Eintritt der sichtbaren Krümmung oder noch während derselben, im sauerstofffreien Raume „aus dem labilen in den stabilen Gleichgewichtszustand übergeführt werde", d. h. ob unter diesen Bedingungen die Nachwirkung fortdauere oder sistirt werde. Bei einem Theil der Versuche wurde den bis zu eben beginnender geotropischer Krümmung horizontal gelegten, dann wieder senkrecht gestellten Keimlingen zunächst noch ein geringes Quantum Sauerstoff gelassen: so lange dasselbe durch die Athmung noch nicht consumirt worden war, schritt die Bewegung wie das Wachsthum fort, um dann zu erlöschen, und nach Luftzutritt kehrte nur das Wachsthum zurück. Bei dem anderen Theil der Versuche wurde der Sauerstoff sofort möglichst vollständig verdrängt, die Bewegung wurde dadurch, wie das Wachsthum, sofort sistirt; nach dem erneuerten Luftzutritt wurde nur das Wachsthum (nicht die Bewegung) wieder aufgenommen. Ja es soll ein Aufenthalt von 10 Minuten im reinen Wasserstoffgas genügt haben, um die Nachwirkung vollständig zu vernichten. Schliesslich zeigte Wortmann nochmals, dass bei Sprossen, die im reinen Wasserstoffgas Stunden lang horizontal gelegen hatten, nach ihrer Rückkehr in Luft wohl das Wachsthum wieder aufgenommen wurde, aber keine Spur von Nachwirkung auftrat.

Meine eigenen Versuche lieferten keine wesentlich verschiedenen Resultate. Als Versuchsobjecte verwandte ich etiolirte Keimlinge von Helianthus, Vicia Faba, Lepidium sativum und Sinapis alba. Weithalsige Standgläser von 120 bis 250 cm³ Inhalt dienten als Recipienten. Sie wurden mit einem einfach durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen; die Bohrung nahm das T-Rohr auf, dessen einer Arm mit der Pumpe und dem Wasserstoffapparat, dessen

---

1) Wortmann, Ueber die Beziehungen der intramolekularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg Bd. 2 (1880) S. 509. Der Verfasser spricht dort nur vom Geotropismus und nicht auch vom Heliotropismus, wie man nach einem Passus der zweiten Abhandlung (Bot. Ztg. 1884 Sp. 706) meinen könnte.

2) Wortmann, Studien über geotropische Nachwirkungserscheinungen. Bot. Ztg. 1884 Sp. 705.

anderer mit dem Manometer in Verbindung gesetzt wurde. Die Objecte kamen in kleine Reagenzgläser mit etwas Wasser und wurden durch Wattepfropfen etc. festgehalten. Die Samen von Sinapis und Lepidium liess ich direct auf dem Boden des Recipienten, auf einem Stück nassen Fliesspapieres, keimen. So kamen stets mehrere Objecte gleichzeitig zur Verwendung und konnten die individuellen Schwankungen besser beurtheilt werden.

Der Recipient wurde zunächst vertical stehend (und verdunkelt) evacuirt, event. mehrmals mit jemaligem Auffüllen mit Wasserstoff, dann, mit diesem Gase gefüllt, abgesperrt und horizontal unter Wasser gelegt. Nach 6—12 Stunden wurde das Verhalten der Objecte untersucht. Um das Wachsthum bestimmen zu können, versah ich die Keimlinge mit Tuschmarken, deren Entfernungen nach beendigter Evacuation, bevor der Recipient horizontal gelegt wurde, und später bei der Controle mit einem Horizontalmikroskop bestimmt wurden.

Alle Objecte verhielten sich gleich. So lange sich noch Wachsthum constatiren liess, so lange wurde auch noch die geotropische Krümmung ausgeführt, je intensiver das eine noch war, um so deutlicher fiel auch die andere aus. Da die Menge Sauerstoff, die noch das Wachsthum ermöglichte, für verschiedene Objecte (und auch für verschiedene Individuen derselben Species) verschieden war, so hörte auch bei dem einen Object die geotropische Krümmung früher auf als bei dem andern. Die Grenze lag bei Helianthuskeimlingen, den Versuchen Wieler's über das Wachsthum derselben entsprechend, sehr tief — noch nach fünfmaliger Evacuation mit darauffolgendem Einleiten von Wasserstoff erhielt ich merkliche Krümmungen —, Sinapis alba dagegen reagirte erst bei einem Drucke von 30 bis 37,5 mm, also bei einem Sauerstoffgehalt von 4 bis 5 % der anfänglichen Menge.

War im Recipienten eine, wenn auch nur geringe, geotropische Krümmung des horizontalliegenden Keimlings eingetreten, so schritt sie nach der Rückkehr in die atmosphärische Luft weiter, auch wenn er aufgerichtet wurde. War sie dagegen schon vorher ausgeblieben, so zeigte sich keine Nachwirkung.

Durch das Ausbleiben der Nachwirkung in dem Falle, dass der Keimling horizontal gelegen hatte, ohne wachsen und auf den geotropischen Reiz reagiren zu können, wird jedenfalls bewiesen, dass der Sauerstoff zur Ausführung der Krümmung und zur Erregung der Disposition dazu nöthig ist. Es berechtigt uns jedoch nicht dazu, dem Plasma die Fähigkeit abzusprechen, im sauerstofffreien Raume den geotropischen Reiz zu percipiren. Was wir Nachwirkung nennen,

ist doch nur das durch den Geotropismus hervorgerufene ungleichmässige Wachsthum eines Sprosses — mag es nun bereits sichtbar geworden oder mag erst die Disposition dazu hergestellt worden sein —, das, einmal im Gange, die Einwirkung des Reizes überdauert, also noch fortbesteht, wenn der Spross auch bereits wieder aufgerichtet ist. Hat aber während der Horizontallage des Sprosses dieses ungleichseitige Wachsthum nicht beginnen und auch nicht die Disposition dazu zu Stande kommen können, so kann es natürlich auch nach der Verticalstellung nicht fortdauern, wenn nun auch das Wachsthum wieder ermöglicht ist.

Was die Vernichtung der inducirten Nachwirkung durch den Sauerstoffentzug anbetrifft, so habe ich etwas abweichende Resultate erhalten. Nach Wortmann soll sie bei Helianthuskeimlingen, die mehr als eine Stunde horizontal gelegen hatten, bereits durch Auspumpen und 10 Minuten langes Ueberleiten von Wasserstoffgas eintreten. — Dass die geotropische Induction durch den darauffolgenden Aufenthalt im sauerstofffreien Raume vernichtet werden kann, ist durchaus begreiflich. Die Veränderungen, die während desselben im Objecte vor sich gehen, auch wenn sie sich nicht, wie z. B. bei der Mimose, auch äusserlich als Starre zeigen, können sehr wohl die die Nachwirkung bedingende Configuration des Plasmas so zerstören, dass sie später, wenn das Object sich wieder erholt hat, ohne einen neuen Reiz nicht wieder zu Stande kommt. Ueberraschend ist nur die Schnelligkeit, mit der diese Vernichtung zu Stande kommen soll.

Meine Wiederholungsversuche mit Keimlingen von Helianthus haben mir ein etwas abweichendes Resultat gegeben. Die Keimlinge wurden 1—2 Stunden lang in einer der weiten, auch für die Versuche mit den Staubgefässen von Berberis etc. als Recipienten benutzten Glasröhren auf nasses Filtrirpapier horizontal gelegt. Dann wurde der Apparat ausgepumpt, mit Wasserstoff aufgefüllt, das Manometerrohr aus dem Quecksilber heraus in das darüberstehende Wasser gezogen und ein ziemlich starker Gasstrom durchgeleitet. Später wurden die Keimlinge herausgenommen, aufrecht in kleine Gläschen gestellt, verdunkelt und die Veränderungen beobachtet, theils mit dem Horizontalmikroskop, theils durch Visiren an zwei Glascapillaren vorbei, von denen die eine vor, die andere hinter dem Object senkrecht aufgestellt worden war. — Auch wenn mehrere Stunden lang Wasserstoffgas über die Versuchsobjecte geleitet worden war, konnte ich doch eine Wiederaufnahme der Nachwirkungsbewegung constatiren, sie fiel aber um so geringer aus, je länger das Wasserstoffüberleiten gedauert hatte.

Da man mir den Einwand machen könnte, das von mir verwandte Gas sei nicht ganz sauerstofffrei gewesen, es sei daher beim Ueberleiten keine vollständige Sistirung der Krümmung eingetreten, so stellte ich weitere Versuche mit etiolirten Keimlingen von Lepidium und Sinapis an, weil diese, wie wir sahen, im Gegensatz zu Helianthus ganz beträchtliche Mengen Sauerstoff zum Wachsen und zur Ausführung der geotropischen Krümmung brauchen. Die Pflänzchen wurden, wie früher, direct auf dem Boden des Recipienten, auf etwas nassem Fliesspapier, erzogen. Wenn sie etwa 2—3 cm hoch waren, wurden die Recipienten verdunkelt, 1—2 Stunden lang horizontal gelegt, dann mit schwarzem Tuch umwickelt, mit einem Gummistopfen verschlossen und in senkrechter Lage durch ein T-Rohr mit der Luftpumpe und dem Manometer in Verbindung gesetzt. Wenn sie möglichst vollständig evacuirt worden waren, wurde Wasserstoff eingeleitet und diese Procedur event. mehrfach wiederholt. Dann konnte das schwarze Tuch entfernt werden (denn nun war, wie wir bald sehen werden, eine heliotropische Beeinflussung nicht mehr möglich) und bestimmte Keimlinge durch das Horizontalmikroskop beobachtet werden. Die Nachwirkung stand sehr bald stille. Wurde dann nach einer halben oder ganzen Stunde Luft in den wieder verdunkelten Recipienten eingelassen, so liess sich bald nicht nur der Wiederbeginn des Wachsthumes, sondern auch der der Nachwirkung constatiren. Hatte der Aufenthalt mehr als zwei Stunden gedauert, so war sie schon sehr geringfügig. — Die Beobachtung geschah stets mit dem Horizontalmikroskop bei etwa 20facher Vergrösserung.

Es zeigt sich also ganz deutlich, dass die Nachwirkung durch den Sauerstoffentzug zunächst nur unterbrochen, nicht ganz vernichtet wird, so lange keine schädlichen Nebenwirkungen auftreten; dauert der Sauerstoffentzug lange genug, um eine ernstere Schädigung des Organismus im Gefolge zu haben, so wird sie vollkommen vernichtet. Dazwischen gibt es natürlich alle Uebergänge.

Aehnliche Resultate lieferten mir auch Versuche mit Chloroform. Keimlinge von Helianthus annuus, die in gewöhnlicher Weise in kleinen, mit Wasser gefüllten Reagenzröhrchen durch einen Wattepfropf festgesteckt worden waren, wurden etwa eine Stunde lang oder länger horizontal gelegt und dann in gleicher Lage in einer kleinen Cuvette befestigt. Nachdem mit dem Horizontalmikroskop constatirt worden war, dass die geotropische Aufkrümmung im Gange sei, wurde die Cuvette bis über die Keimlinge mit Chloroformwasser gefüllt, das durch Vermischen von 1 Theil durch Schütteln mit

Chloroform gesättigtem Wasser und 9 Theilen gewöhnlichem Wasser hergestellt worden war, also nur ausserordentlich geringe Mengen Chloroform enthielt. Eine Mischung von 1 Theil der gesättigten Lösung mit 4 Theilen Wasser hatte sich als dem Leben der Keimlinge zu gefährlich erwiesen. Die erste mit einer bestimmten Menge Chloroform hergestellte Lösung wurde immer weggegossen und erst die zweite damit gewonnene verwandt. — Die geotropische Krümmung schritt zunächst noch weiter und wurde dann langsamer und langsamer, um endlich vollkommen still zu stehen. Wurden die Keimlinge nun bald herausgenommen, sorgfältig abgewaschen und in neuen Röhrchen vertical gestellt, so zeigten sich Wachsthum und Nachwirkung bald wieder. Liess man sie dagegen noch länger, z. B. noch mehr als eine halbe Stunde, in dem Chloroformwasser, so dauerte es viel länger, bis das Wachsthum wieder auftrat, eine Nachwirkung liess sich nicht mehr constatiren. Bei Verwendung der genannten Lösung kamen die Keimlinge stets mit dem Leben davon, nur wurde die Epidermis gebräunt. Sie waren auch am folgenden Tage geotropisch reizbar, wenn auch vielleicht manchmal etwas schwächer als zuvor.

Es lässt sich also nicht nur das Wachsen und der Geotropismus selbst chloroformiren, die Narkose kann auch, je nach ihrer Stärke, die geotropische Nachwirkung nur unterbrechen oder dauernd aufheben, sie wirkt also genau wie der Sauerstoffentzug. Dadurch wird es auch sehr wahrscheinlich, dass dieser nur indirect wirkt.

Ein Versuch mit Kohlensäure (die mit kohlensaurem Natron gewaschen wurde) zeigte deutlich die specifischen Verschiedenheiten zwischen einzelnen Objecten. Zwei Keimlinge von Helianthus und einer von Lupinus wurden etwa 1½ Stunden horizontal gelegt und dann zwei Stunden lang ein Kohlensäurestrom über sie geleitet, während sie in derselben Lage blieben; die Sonnenblumenkeimlinge zeigten nach der Rückkehr in atmosphärische Luft deutliche Nachwirkung, die Lupine gar keine.

10. Heliotropismus.

Ueber das Verhalten von Keimlingen, welche im sauerstoffarmen Raume der Einwirkung einseitiger Beleuchtung ausgesetzt wurden, hat Wiesner[1]) einige Mittheilungen gemacht. Er fand, dass bei sämmtlichen untersuchen Objecten, sowohl die positiv als die negativ

1) Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche I. Thl. S. 58 des S.-A.

heliotropischen Krümmungen ausblieben. Bei diesen Versuchen wurde einem abgesperrten Volum Luft der Sauerstoff durch den Athmungsprocess von Keimlingen, zum Theil direct der Versuchsobjecte, zum Theil anderer Keimlinge und gequollener Samen, entzogen und die gebildete Kohlensäure durch Kalilauge absorbirt. Die Absorptionsröhren blieben so lange im Dunkeln, bis die Kalilauge ihren höchsten Stand erreicht hatte, dann wurden sie dem Lichte exponirt, die abgewandte Seite war geschwärzt worden. Da es Wiesner nicht auf die Bestimmung des Sauerstoffquantum ankam, bei dem noch heliotropische Krümmung eintritt, war die Versuchsanstellung auch hinreichend fein. — Ausserdem wurde noch festgestellt, dass einerseits die in atmosphärischer Luft eingeleitete heliotropische Krümmung im verdunkelten, sauerstofffreien Recipienten nicht mehr fortschreitet und dass andererseits auch durch mehrstündige einseitige Beleuchtung bei den im sauerstofffreien Raume befindlichen Keimlingen kein Zustand herbeigeführt wird, der sich nach der Rückkehr ins Finstere und in die atmosphärische Luft als Nachwirkung äussern würde.

Meine eigenen Versuche ergaben ganz entsprechende Resultate. Als Versuchsobjecte dienten etiolirte Keimlinge von Helianthus, Sinapis alba und Lepidium sativum; als Recipienten benutzte ich meist hohe, etwa 15 cm³ fassende Glasglocken, die vermittelst eines T-Rohres in den Apparat eingeschaltet wurden. Die eine Längshälfte der Innenfläche war mit nassem Fliesspapier belegt worden, auf welches noch ein schwarzes, mattes Papier kam. Während der Evacuation wurde der ganze Recipient mit schwarzen Tüchern verdunkelt, war die gewünschte Atmosphäre hergestellt, so wurde er abgesperrt und mit der unbedeckten Seite gegen das Fenster gekehrt aufgestellt; durch schwarze Tücher wurde das von oben kommende Licht abgehalten.

Im möglichst sauerstofffreien Raume führten die Keimlinge insgesammt keine Bewegungen aus. Sollte die heliotropische Krümmung merklich eintreten, so musste den Helianthuskeimlingen noch ca. 1 % der ursprünglichen Menge Sauerstoff zu Gebot stehen (gleich 7,5 mm Druck im Recipienten). Sinapiskeimlinge brauchten sogar 6 % der anfänglichen Sauerstoffmenge (gleich 45 mm Druck), um wenigstens zum Theil eine mit blossem Auge sichtbare Reaction auszuführen. Wir sehen also, dass die Anwesenheit von ziemlichen Mengen Sauerstoff nöthig ist, wenn die heliotropische Krümmung eintreten soll. Desshalb konnte auch Wiesner trotz der kaum vollständigen Sauerstoffentziehung ihr Ausbleiben beobachten.

Wie wir vor Kurzem gesehen haben (S. 132), führen dieselben Objecte die geotropischen Krümmungen mit geringeren Mengen Sauerstoff aus. So braucht Helianthus hiezu, wie für das Wachsthum, nur Spuren, Sinapis nur 4 (statt 6) % der ursprünglichen Menge dieses Gases. Das verschiedene Verhalten der Keimlinge gegenüber Heliotropismus und Geotropismus lässt sich besonders deutlich dann zeigen, wenn man beide Reize gleichzeitig auf dasselbe Object einwirken lässt und zwar in einer Atmosphäre, die so viel Sauerstoff enthält um wohl das Wachsen, aber nicht mehr genug, um die heliotropische Krümmung zu gestatten. Für diese Versuche liess ich Kressesamen und Senfsamen auf dem Boden einiger, etwa 250 cm³ fassender Kolbengläser, auf nassem Fliesspapier, unter Lichtabschluss keimen; die Pflänzchen wurden verwendet, wenn sie 1—2 cm hoch waren. Nachdem in den Recipienten durch theilweises Auspumpen und Auffüllen mit Wasserstoff die gewünschte Atmosphäre von bestimmtem, niedrigem Sauerstoffgehalt hergestellt worden war, wurden sie horizotal und parallel dem Fenster gelegt. Ausserdem wurde mit schwarzem Tuche möglichst für einseitigen Lichteinfall gesorgt. So behandelt, krümmten sich die etiolirten Keimlinge der Kresse mit 3 % der ursprünglichen Menge Sauerstoff (gleich 22,5 mm Druck) unter lebhaftem Wachsthum sehr deutlich geotropisch, ohne die geringste heliotropische Krümmung nach der Seite des Lichteinfalles hinaus zu führen (und ohne zu ergrünen). Die Keimlinge des Senfes verhielten sich gleich, brauchten aber etwas mehr Sauerstoff. — Da immer eine ganze Anzahl von Individuen gleichzeitig verwendet wurden und es sich ganz gleich blieb, in welche Richtung zu Beginn des Versuches die Cotyledonen schauten, so konnte die von Wiesner constatirte ungleiche Empfindlichkeit der verschiedenen Seiten des hypocotylen Gliedes keine Rolle spielen.

Dieses ungleiche Verhalten gegenüber Heliotropismus und Geotropismus ist sehr eigenthümlich. Beide rufen durch Wachsthum ausgeführte Krümmungen hervor und man sollte erwarten, dass sich dasselbe nach der Stärke des einwirkenden Reizes auf die beiden Bewegungen vertheilen würde. Der heliotropische Reiz ist aber zunächst immer der stärkere von den beiden, sobald sich eine heliotropische Krümmung wirklich zeigt. Wenn ein genau senkrecht stehender Helianthuskeimling einseitig beleuchtet wird, so ist zunächst die Wirkung des Geotropismus null. Sobald aber der Heliotropismus zu wirken anfängt und der Keimling sich krümmen will, so arbeitet der Geotropismus dieser Krümmung entgegen und wird sie dennoch aus-

geführt, so ist er eben der schwächere, um so schwächer, je weitgehender die Krümmung ausfällt.

Man könnte geneigt sein, aus dem früheren Erlöschen der heliotropischen Bewegung auf ein früheres Erlöschen der heliotropischen Reizbarkeit zu schliessen. Ein Beweis hiefür lässt sich jedoch nicht erbringen, denn das Ausbleiben einer Nachwirkung darf nicht als solcher angesehen werden, wie ich früher (S. 133) dargelegt habe. Dass die in atmosphärischer Luft eingeleitete heliotropische Krümmung im sauerstofffreien Medium weitergeführt werden kann, ist schon dadurch in Vornherein unmöglich gemacht, dass sie auf Wachsthum beruht, also sistirt werden muss. Ebenso ist es nicht zu erwarten, dass ein im sauerstofffreien Raume einseitig beleuchtetes Pflänzchen nach seiner Rückkehr ins Dunkle und an die atmosphärische Luft Nachwirkung zeigt; es lehrt das dieselbe Ueberlegung, die ich bereits früher mitgetheilt habe.

Dagegen lag es nahe, zu versuchen, ob bei jenem Sauerstoffgehalt im Recipienten, der noch Wachsthum und geotropische Krümmung ermöglicht, die heliotropische Krümmung inducirt werden kann und ob bei ihm die in Luft inducirte Bewegung fortschreitet. Natürlich kann nur eines von beiden wirklich geschehen, sonst wäre kein Grund für das Ausbleiben der heliotropischen Bewegung selbst vorhanden.

Die Versuche wurden mit etiolirten Keimlingen von Sinapis alba angestellt, die in gewohnter Weise auf nassgehaltenem Fliesspapier auf dem Boden der als Recipienten dienenden Gläser erzogen worden waren. Die gewünschte Atmosphäre wurde durch partielles Auspumpen und Auffüllen der Recipienten mit Wasserstoff hergestellt.

Bei dem einen Theil der Versuche, der der Beantwortung der ersten Frage gewidmet war, wurde den Keimlingen in verdunkelten Recipienten der Sauerstoff bis auf 4 % der anfänglichen Menge entzogen und sie dann 1½ — 2½ Stunden lang den Strahlen einer hellen Gasflamme ausgesetzt, ohne dass dabei eine heliotropische Krümmung zu Stande gekommen wäre, wie das ja auch nicht anders zu erwarten war. Dann wurde der Recipient verdunkelt und die Wasserstoffatmosphäre durch Luft ersetzt. Es trat in keinem Falle eine Nachwirkung ein, die sich bei etwa 20 facher Vergrösserung hätte wahrnehmen lassen.

Bei dem anderen Theil der Versuche, der die zweite Frage beantworten sollte, wurden die Keimlinge 1½ — 2 Stunden lang durch dieselbe Gasflamme beleuchtet, wobei eine mit blossem Auge deutlichst bemerkbare Krümmung zu Stande kam. Dann wurde dem mit Tüchern

verdunkelten Recipienten der ursprünglich vorhandene Sauerstoff bis auf 4 % entzogen und die weiteren Veränderungen mit dem Horizontalmikroskop verfolgt. Es trat keine (oder eine fast unmerkliche) Nachwirkung ein, dafür begann bald die durch den Geotropismus bedingte Ausgleichung der vorher entstandenen Krümmung, und legte man den Recipienten horizontal, so konnte sich nach mehreren Stunden in derselben Atmosphäre eine schöne geotropische Aufkrümmung zeigen.

Bei allen derartigen Versuchen ist es durchaus nöthig, mehrere Keimlinge gleichzeitig ins Auge zu fassen, um nicht durch ihre (mit dem Wachsthum fortdauernden) Nutationsbewegungen irre geleitet zu werden. Die leichte Krümmung eines Keimlings auf die Lichtquelle zu, die man bisweilen wahrzunehmen glaubt, beruht hierauf; unterdessen krümmt sich ein anderer von ihr weg, und günstigen Falls kann man bei gleichbleibenden Beleuchtungsverhältnissen den scheinbaren positiven Heliotropismus in scheinbaren negativen übergehen sehen.

Dass die Nachwirkung in einer Atmosphäre unterbleibt, deren Sauerstoffgehalt noch die geotropische Krümmung ermöglicht, ist sehr beachtenswerth, denn es geht daraus hervor, dass die Ausführungsweise der heliotropischen Krümmung eine andere ist als die der geotropischen, obwohl man beide als „Wachsthum" bezeichnet. Wären sie beide gleich, so liesse sich ja kein Grund einsehen, wesshalb die heliotropische Nachwirkung bei einem Sauerstoffgehalt unterbleibt, bei dem die geotropische noch fortdauert. Da wir nun wohl mit Sicherheit annehmen dürfen, dass das eigentliche Wachsen, das die Krümmung vermittelt, in beiden Fällen das gleiche ist und die heliotropische Nachwirkung sicher inducirt gewesen war, so bleibt nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass sich zwischen die Herstellung der Disposition für die Nachwirkung und die mechanische Ausführung derselben durch das Wachsthum noch eine weitere, vermittelnde Phase einschiebt, ein Process, dessen directes Sauerstoffbedürfniss oder dessen besonders leichte indirecte Schädigung bei Herabsetzung des Sauerstoffgehaltes im Recipienten die Ursache des Ausbleibens der Nachwirkung ist. Es ist das ein Beweis für die in der Einleitung ausgesprochene Ansicht von der sehr complicirten Natur der Reizvorgänge.

Abhängigkeit einiger weiterer Functionen von der Gegenwart von freiem Sauerstoff.

Ueber das Wachsen der Pflanzen bei vermindertem Partiärdruck des Sauerstoffes wurden in neuerer Zeit von A. Wieler[1]) um-

1) Wieler, Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 189.

fassende Untersuchungen angestellt, welche ergaben, dass bei vollkommener Entziehung des Sauerstoffes bald alles Wachsthum stille steht, dass aber die untere Grenze desselben für verschiedene Pflanzen verschieden tief liegt, dass die eine (Helianthus annuus) es noch mit den geringsten Spuren fristen kann, während die andere (Cucurbita z. B.) viel bedeutendere Quantitäten braucht. Diese Versuche wurden mit Keimpflanzen angestellt und dabei beobachtet, dass der Aufenthalt in diesen wenig oder gar keinen Sauerstoff enthaltenden Atmosphären die Objecte in nicht zu langer Zeit (24 Stunden) tödten könne; wieder verhielten sich die verschiedenen Pflanzenarten verschieden. Während z. B. Helianthus selbst aus der möglichst sauerstofffreien Atmosphäre, wenigstens in einem Theil der Exemplare, unbeschädigt hervorging, starben Vicia Faba und Lupinus trotz der Anwesenheit von etwas mehr Sauererstoff ab und Ricinus ging sogar nach 48stündigem Verweilen bei 3 mm Druck, (= 0,5 % der anfänglichen Sauerstoffmenge) ein.

Als ich das Wachsthum erwachsener Triebe der von Wieler als Keimlinge untersuchten Arten bei verminderter Partiärpressung des Sauerstoffs prüfte, fand ich, dass dasselbe bereits bei einem höheren Drucke sistirt wird, als das der Keimlinge,[1] und dass die für die Versuche verwendeten, abgeschnittenen Schösslinge bereits in einer Atmosphäre zu Grunde gingen, in welcher die Keimpflanzen unbeschädigt blieben und wuchsen. So starben Triebe von Helianthus annuus nach 24stündigem Aufenthalt unter einem Druck von 7,5 mm (gleich 1 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge) im Finstern ab und solche von Vicia Faba bei 15 mm Druck (gleich 2 % der ursprünglichen Menge Sauerstoff). — Durch das Auspumpen des Recipienten und das nachträgliche Auffüllen mit Wasserstoff musste eine Injection der Versuchsobjecte eintreten. Dieselbe konnte jedoch, eben so wenig wie der Aufenthalt im Finstern, die Ursache des Absterbens sein, denn ein abgeschnittener, injicirter Trieb von Vicia Faba hielt sich im Finstern vier Tage lang, so lange der Versuch dauerte, frisch.

Im Allgemeinen stand meinen Versuchsobjecten ein geringeres Volum Atmosphäre zur Verfügung, als den Keimlingen bei den Versuchen Wieler's, dafür war bei diesen die Individuenzahl und die Intensität der Athmung grösser. — Ein näheres Eingehen auf diese

---

1) Auf diese Weise erklärt sich wohl der von Wieler (a. a. O. S. 205) hervorgehobene Widerspruch zwischen seinen Versuchsergebnissen und denjenigen P. Bert's.

Verhältnisse, das über die Constatirung weiterer Thatsachen hinaus zu einer Erklärung des ursächlichen Zusammenhanges führen könnte, erforderte eine neue, in sich abgeschlossene Arbeit, die jenseits des Rahmens meiner Untersuchung lag. Erwähnen will ich nur noch, dass Samen von Vicia Faba, bei denen die Wurzeln einige Centimeter lang waren, noch Luftverdünnungen ertrugen, welche Keimpflanzen, deren Stengel ein paar Centimeter lang waren, verderblich wurden und dass gequollene Samen, die die Testa noch nicht gesprengt hatten, 48 Stunden lang in reinem Wasserstoff liegen konnten ohne Schaden zu erleiden, dass aber nach sechstägigem Verweilen in dem Gase die Keimkraft vernichtet schien. Das Maximum der Resistenz liegt also beim ruhenden Samen, das Minimum bei der erwachsenen Pflanze, wie das auch gar nicht anders zu erwarten ist.

* * *

Nach Wiesner[1]) ist zum Ergrünen etiolirter Keimpflanzen Sauerstoff nothwendig. Woher diese Angabe stammt, ist aus dem Texte nicht zu ersehen; da die Möglichkeit betont wird, der Sauerstoff spiele am Ende nur eine secundäre Rolle, „insofern er zum normalen Gedeihen der Pflanze überhaupt nothwendig sei", darf man am Ende vermuthen, diese vorausgesetzte Nothwendigkeit für alle Lebensvorgänge in der Pflanze habe die Annahme veranlasst. Weitere Litteratur über diesen Punkt wurde mir nicht bekannt.

Zur Verwendung kamen etiolirte Keimlinge von Helianthus annuus, Sinapis alba und Lepidium sativum; die Versuche über den Heliotropismus lieferten nebenbei eine Anzahl von Daten. Als Recipienten dienten Standgläser, die Experimente wurden ganz gleich wie diese angestellt, es kamen mindestens 4, meist 6 Keimlinge gleichzeitig zur Verwendung, zugleich wurden Controlpflänzchen gleich lang den gleichen Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt.

Im möglichst sauerstofffreien Raume kam bei keiner der erwähnten Pflanzen auch nur der Anfang des Ergrünens zu Stande. Derselbe trat bei Helianthus bei 30 mm Druck (also 4 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge) ein. Sinapis brauchte 37 mm (gleich 5 % des ursprünglichen Sauerstoffquantums), Lepidium sogar 60 mm Druck (gleich 8 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge), wenn es zu beginnendem Ergrünen kommen sollte. Die erste Einwirkung des Lichtes, an einem Hellgelbwerden der zunächst dunkelgelben Cotyledonen erkennbar, stellte sich bereits bei etwas niedrigerem Drucke

1) Wiesner, Die Entstehung des Chlorophylls S. 17.

ein. Damit aber innerhalb 24 Stunden eine schöne Grünfärbung hervortrat, musste Helianthus noch 45 mm Druck (gleich 6 % der anfänglichen Sauerstoffmenge) und Lepidium 75 mm Druck (gleich 10 %) haben.

Die Grösse der individuellen Schwankungen trat so recht deutlich bei einem Versuch hervor, in welchem ein ganzer Topf voll etiolirter Sinapiskeimlinge in einer noch 5 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge enthaltenden Atmosphäre acht Stunden lang dem Lichte exponirt wurde. Einzelne Pflänzchen hatten hellgrüne Cotyledonen, andere noch ganz gelbe, die Mehrzahl bewegte sich zwischen diesen beiden Extremen.

Eine Nachwirkung war nie zu erkennen, wenn die Pflanzen in der Wasserstoffatmosphäre dem Licht ausgesetzt worden waren und dann zurück ins Finstere in atmosphärische Luft gebracht wurden. Wiesner (a. a. O. S. 87) hat eine solche Nachwirkung im Finstern gefunden, wenn er die Keimlinge in gewöhnlicher Luft so kurz exponirt hatte, dass noch kein Ergrünen erfolgte; doch war sie so gering, dass er sie nur durch die empfindlichste Methode zum Nachweis des Chlorophylls, die Fluorescenz, entdecken konnte. Ich beschränkte mich stets, also auch hier, auf mit dem Auge direct wahrnehmbare Unterschiede in der Färbung.

Wir sehen, dass zum Ergrünen viel Sauerstoff nöthig ist, so viel oder mehr als zur Ausführung der heliotropischen Krümmungen, überhaupt als für irgend einen der bisher untersuchten Vorgänge.

Die Eigenschaft der Kohlensäure, das Ergrünen zu hemmen, die schon von Böhm[1]) angegeben wurde, konnte auch ich bestätigen.

* * *

Durch die Versuche, welche Wortmann[2]) über die Stärkeumwandlung in den Blättern angestellt hat, gewinnt die noch nicht exact geprüfte Frage, ob auch im sauerstofffreien Raume eine Translocation der Tags über in den assimilirenden Organen gebildeten Stärke oder wenigstens die Rückbildung in Glycose möglich sei, einiges Interesse. Ich sage „noch nicht exact geprüft“, denn die Versuche, welche Wortmann anstellte und bei denen die atmosphärische Luft durch einen Kohlensäurestrom verdrängt wurde, sind nicht streng beweisend;

---

1) Böhm, Ueber den Einfluss der Kohlensäure auf das Ergrünen der Pflanzen etc. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien LXVIII. Bd. (1873).

2) Wortmann, Ueber den Nachweis, das Vorkommen und die Bedeutung des diastatischen Enzyms in den Pflanzen. Bot. Ztg. 1890 Sp. 647.

die Kohlensäure wirkt ja nicht nur sauerstoffverdrängend, sondern auch direct lähmend ein, wie ja auch wir das mehrfach gefunden haben. Dabei braucht das Object nicht gerade dauernd geschädigt zu werden.

Ich stellte nur einige orientirende Versuche an. So wurden z. B. Schösslinge von Impatiens Balsamina und Diclytra spectabilis am Abend eines hellen, warmen Tages im Freien abgeschnitten und einzelne Blätter der Sachs'schen Jodprobe unterworfen. Von den Trieben selbst wurden die einen mit dem nöthigen Wasser in den Dunkelschrank gestellt, die anderen, ebenfalls mit etwas Wasser, unter die hohe, als Recipient dienende Glasglocke gebracht und die atmosphärische Luft fast vollständig durch Wasserstoff verdrängt (wahrscheinlicher Rest 0,000 34 % der anfänglichen Menge). Dann wurde der Recipient abgesperrt und ebenfalls in den Dunkelschrank gestellt. Am folgenden Morgen wurden die Blätter von beiden Portionen ebenfalls der Sachs'schen Jodprobe unterworfen. Als ich nun die drei verschiedenen Portionen Blätter auf die Intensität ihrer Schwärzung verglich, da stellte sich zwischen den Abends getödteten Blättern und den Nachts über im Wasserstoff gewesenen, keine deutliche Differenz heraus; dagegen stachen die, die im Finsteren, sonst aber unter normalen Verhältnissen gewesen waren, von den andern durch ihre hellere Färbung ab. Die Triebe schienen wenig gelitten zu haben.

Meine Versuche haben also ganz gleiche Resultate ergeben, wie die von Wortmann mit Kohlensäure angestellten (wobei die das Ausbleiben der Umwandlung und Auswanderung der Stärke bedingende Ursache in beiden Fällen doch verschieden sein kann). Sie sprechen entschieden für Wortmann's Ansicht. Denn Diastase wirkt ohne die Gegenwart des Sauerstoffes eben so gut, wie in derselben;[1] wäre sie in den Blättern vorhanden, so sollte auch unter diesen anormalen Verhältnissen eine Umwandlung der Stärke eintreten. Man kann nun freilich annehmen, die Umwandlung geschehe doch durch ein Ferment, das sich in sehr geringer Menge vorfinde, sich desshalb immer abnutze und immer wieder, vom lebenden Plasma aus, ersetzt werden müsse. Steht dann mit Eintritt der Vacuumstarre diese Fermentbildung des Plasmas still, so muss auch die diastatische Wirkung bald sistirt werden. Eine solche Annahme, die nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen ist, zerstört natürlich die Beweiskraft meiner Versuche, wie der Wortmann's, vollkommen. Am

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 1 S. 379.

schwersten fällt der alte, auch von Wortmann ins Feld geführte Versuch ins Gewicht, ein stärkereiches Blatt Abends abzuschneiden und so mit Unterbrechung des Abfuhrweges auch die Umwandlung der Stärke zu unterbrechen.

Allgemeinere Ergebnisse.

Es ist leider nicht möglich, an der Hand der Resultate der vorstehend mitgetheilten Versuche die Rolle des Sauerstoffes beim Zustandekommen der Reizbewegungen auch nur einigermaassen erschöpfend zu erörtern, dazu ist das Material zu spärlich, zum Theil selbst noch nicht alle Thatsachen ganz gesichert und sind die übrigen Factoren, die für dieses Zustandekommen ebenfalls maassgebend sind, zu wenig bekannt. Immerhin ergeben sich bereits einige Anhaltspunkte für die Beurtheilung des Antheiles, den der Sauerstoff hieran nimmt.

Zunächst können wir einmal aus unseren Ergebnissen die Folgerung ableiten, dass die verschiedenen Typen von Reizerscheinungen auch die Gegenwart verschieden grosser Mengen Sauerstoff zur Ausführung der ihnen eigenen Bewegungen beanspruchen. Denn wir sahen auf der einen Seite das Droserablatt noch bei so minimalen Spuren dieses Gases reagiren, dass wir wohl dreist behaupten dürfen, es würde auch ohne ihn seine Tentakeln einkrümmen; auf der anderen Seite fanden wir z. B., dass die Ranken der Passionsblume noch 6 % der ursprünglichen Sauerstoffmenge erfordern, um auf Berührung mit einer Krümmung zu antworten. Dazwischen schoben sich, wenigstens für unsere Wahrnehmung, Zwischenstufen ein; für Mimosa z. B. musste ich es unentschieden lassen, ob Sauerstoff nöthig sei oder nicht.

Die Ursache für diese Unterschiede im Verhalten liegt zum Theil gewiss in dem verschiedenen Sauerstoffbedürfniss der verschiedenen Pflanzenspecies, unabhängig vom Charakter der Reizbewegung. Hiefür liefert der Geotropismus besonders ecclatante Belege. Die einen Keimlinge (Helianthus) reagirten noch mit Spuren von Sauerstoff, die anderen (Sinapis) nur dann, wenn noch mehrere Procente vorhanden sind (S. 132). Alle Unterschiede lassen sich jedoch nicht auf die specifischen Eigenthümlichkeiten der Pflanze, die als etwas den individuellen Differenzen Entsprechendes aufgefasst werden dürfen, zurückführen, sondern werden durch die verschieden grossen Anforderungen bedingt, die die Reizperception oder Reaction stellt und die etwas für die bestimmte Reizwirkung Typisches sind. Einen vorzüglichen Beleg für diese Behauptung kann uns die Differenz im Verhalten von Geotropismus und Heliotropismus im luftverdünnten Raume am gleichen Object liefern,

dieser erfordert viel mehr Sauerstoff als jener (S. 137). Jede Gruppe von Reizerscheinungen dürfte also in einer bestimmten Abhängigkeit von der Anwesenheit von freiem Sauerstoff stehen, in ihr mögen die einzelnen Objecte je nach ihren specifischen und individuellen Eigenschaften wieder verschiedene Anforderungen stellen.

Wir haben in den einleitenden Bemerkungen den Vorgang der Reizung in zwei Phasen zerlegt, in die Perception des Reizes und die hiedurch ausgelöste Reaction, und dann die Forderung gestellt, für beide Processe müsse die Frage: ist der Sauerstoff zur Ausführung der Bewegung nöthig oder nicht? getrennt gestellt werden (S. 93). Der specielle Theil der Untersuchung hat gezeigt, dass dieser Forderung, deren theoretische Berechtigung gewiss einleuchtet, zumeist unüberwindliche Schwierigkeiten entgegentreten, sobald die praktische Durchführung in Frage kommt. Wir haben dennoch, wenn auch nur für einen Typus der Reizerscheinungen Anhaltspunkte dafür gefunden, dass die beiden Phasen in der That neben einander als zwei von einander unabhängige Processe bestehen können, ich meine die eigenthümliche Fähigkeit der Ranken, die Einrollung noch bei einem Sauerstoffgehalte auszuführen, der für die Reizperception nicht mehr ausreicht (S. 129).

Man darf das Ausbleiben einer Nachwirkung unter normalen Verhältnissen, wenn das Object im Vacuum dem Reize ausgesetzt worden war, nicht als Beweis dafür anführen wollen, dass im Vacuum der Reiz nicht percipirt worden sei. Wie wir bereits an anderer Stelle hervorgehoben haben (S. 132), kann sich eine Nachwirkung nur dann zeigen, wenn vorher die Reaction als Disposition oder schon als nach aussenhin sich bemerklichmachender Vorgang eingetreten war. Das Ausbleiben der Nachwirkung kann daher Verschiedenes anzeigen: 1. es konnte im Vacuum weder der Reiz percipirt, noch die Bewegung eingeleitet werden; 2. der Reiz wurde percipirt, das Object hat aber die Reaction oder die Disposition dazu nicht ausführen können; 3. der Reiz konnte nicht percipirt werden, obschon die Reaction ausgeführt werden konnte.

In den meisten Fällen ist es noch nicht entschieden, ob zur Ausführung der Reizwirkung die Gegenwart des Sauerstoffes direct nöthig ist, ob er, um ein Gleichniss zu gebrauchen, selbst ein Rädchen im Getriebe des Uhrwerkes, dem wir die Reizerscheinung

in ihrer Gesammtheit vergleichen können, ausmacht, oder ob er indirect eingreift, indem er, um bei dem Gleichniss zu bleiben, zur Herstellung oder Erhaltung eines oder verschiedener der Rädchen nöthig ist. Denn nur für einzelne Objecte lässt sich bereits jetzt mit einiger Bestimmtheit zwischen den beiden Möglichkeiten eine Entscheidung treffen und zwar dahin, dass der Sauerstoff nur indirect nöthig sei. Das sicherste Beispiel liefert gewiss das Droserablatt. Für andere Objecte existirt wenigstens die Möglichkeit, z. B. für Mimosa. Ja, wenn man diesen Unterschied zwischen directer und indirecter Nothwendigkeit der Anwesenheit freien Sauerstoffes macht, so ist wohl auch das Wachsthum in die Kategorie zu stellen, die ohne die directe Betheiligung fertig wird. Dafür spricht die genaue Parallelität, die zwischen der Anforderung an Sauerstoff für das Wachsthum und für die Erhaltung des Lebens innerhalb bestimmter Zeiträume besteht oder doch zu bestehen scheint (ist die eine sehr niedrig, so ist es auch die andere [Helianthuskeimlinge], ist die eine hoch, so ist es die andere ebenfalls), sowie der Umstand, dass das Wachsthum bei ganz minimalen Sauerstoffmengen noch lange fortdauert. Sein endlicher Stillstand ist gewiss nicht auf den Verbrauch dieser Spuren zurückzuführen — wenn ein solcher wirklich stattfindet, was mir gar nicht bewiesen scheint.

Wird der Sauerstoffentzug nicht gerade auf Augenblicke beschränkt, so beeinflusst er die Pflanzen mehr oder weniger schädlich. Dauert er lange genug, so wird das Leben vernichtet; vorher tritt stets, verschieden rasch bei verschiedenen Objecten, ein abnormaler Zustand ein, der sich, bei merklich reizbaren Organen, dadurch bemerkbar macht, dass die Reizempfänglichkeit erloschen oder doch herabgesetzt ist, die Vaccuumstarre. Dass mit ihrem Eintritt wirklich Veränderungen im Organismus verbunden sind, geht daraus hervor, dass sie nicht sofort nach der Rückkehr in atmosphärische Luft wieder aufgehoben wird.

Der Eintritt der Vacuumstarre ist oft mit charakterischen Stellungsänderungen der reizbaren Organe verknüpft, die manchmal mehr das Aussehen eines typisch gereizten Objectes hervorbringen, manchmal sich nur wenig wenig von der reizempfänglichen Stellung entfernen. Im ersteren Falle sind sie doch oft deutlich verschieden (Mimosa). In der That lässt sich ja auch der Uebergang in die Starrestellung als eine Reizerscheinung im weiteren Sinne auffassen. Der Reiz wird

durch den Sauerstoffentzug ausgelöst, aber nicht direct. Das geht aus dem Verhalten der Staubgefässe von Berberis hervor. Dort wirkt die Verdrängung des Sauerstoffes in zwei Weisen, einmal direct, wobei die typische Reizbewegung, das Ueberschlagen der Filamente zum Stempel, ausgelöst wird, und dann indirect, indem sie die später eintretende, von der Reizstellung weit verschiedene Starrestellung hervorruft.

Voraussichtlich ist das, was ich, um ein handliches Wort zu haben, auch dann als „Vacuumstarre“ bezeichnen will, wenn es z. B. durch Ueberleiten von Wasserstoff hervorgerufen wurde, nicht ein Zustand, bedingt durch eine einzelne Aenderung im Organismus, sondern es besteht aus einer ganzen Reihe von Veränderungen und ist vom endlichen Absterben gar nicht scharf getrennt, indem, je länger der Sauerstoffentzug anhält, desto mehr Functionen direct oder indirect sistirt werden, bis das Leben erlischt. Das zeigt sich auch darin, dass die Pflanze für die Wiedererholung um so längere Zeit braucht, je länger der Aufenthalt im sauerstofffreien Raume gedauert hat.

Solche Veränderungen werden natürlich nicht nur in den reizbaren Pflanzenorganen, sondern auch in denen hervorgerufen, die im gewöhnlichen Sinne nicht reizbar sind. Auch hier tritt Vacuumstarre ein. Sie verräth sich durch die Erholungszeit, die nach längerem Aufenthalt der Pflanze im Vacuum selbst die Processe nöthig haben, welche, wie die Kohlensäurezersetzung, von der Gegenwart des Sauerstoffes unabhängig sind.[1]

Es verdient noch hervorgehoben zu werden, dass die Vacuumstarre immer einige Zeit braucht, ehe sie bemerkbar wird. Es ist daher möglich, sie durch rasches Verdrängen der atmosphärischen Luft bei einem viel geringeren Sauerstoffrest eintreten zu sehen, als bei langsamem Verdrängen (S. 111).

Das Eintreten der Vacuumstarre bei reizbaren Organen (das sich ja oft durch eine charakteristische Bewegung verräth) und das Aufhören der Reizbarkeit fallen nicht immer zusammen. Die Mimose z. B. ist, wenn die Blätter auch schon in der Starrestellung sich befinden, zunächst noch reizbar, wenigstens durch starke Erschütterungen. Daraus geht evident hervor, dass das Erste, was bei verminderter Partiärpressung des Sauerstoffes erlischt, nicht die zur Ausführung einer Reizbewegung nöthigen Processe sind, zum Mindesten nicht die

---

1) Boussingault, Agronom., Chimie agricole etc. 1868 Bd. 4, p. 335 (citirt nach Pfeffer, Physiologie Bd. 1 S. 380).

Reizperception, dass die Starre durch das Erlöschen anderer Functionen herbeigeführt wird und erst später auch jene ergriffen werden. Dieser Zeitpunkt lässt sich äusserlich nicht erkennen. — Es darf uns nicht stören, dass bei der vacuumstarren Mimose die Auslösung einer Bewegung nur mehr durch eine heftigere Erschütterung herbeigeführt werden kann, als unter normalen Verhältnissen, es wird das erklärlich durch die Nebenwirkungen des Sauerstoffentzuges. Und wie die Vacuumstarre hier hemmend wirkt, kann man sie sich eben so gut als eine deutliche Reaction ganz, auf die eine oder andere Weise, verhindernd vorstellen. Ein solcher Fall scheint z. B. bei Mimulus vorzuliegen. Hier gleicht die Vacuumstarre vollkommen der Reizstellung und es lässt sich daher eine Reizung gar nicht mehr versuchen und doch könnte die vacuumstarre, geschlossene Narbe noch reizempfänglich sein, ist sie es doch noch, so lange sie sich noch nicht ganz geschlossen hat und wird diese Schliessbewegung, wenn einmal bereits im Gange, durch einen Reiz beschleunigt.

Während also auf der einen Seite manches dafür spricht, dass bei gewissen Objecten die Reizperception wenigstens nur indirect abhängig vom Sauerstoffgehalt des umgebenden Mediums ist, liegen auf der anderen Seite auch Andeutungen dafür vor, dass (natürlich bei anderen Objecten) die Reizperception beim Sauerstoffentzug früher erlischt, als die Reactionsfähigkeit. Die Vermuthung, dass die Perception überhaupt unabhängig von der Gegenwart freien Sauerstoffes sei, lässt sich also nicht für alle Objecte aufstellen.

Ein tieferer Einblick, auf welche Weise der Sauerstoffentzug die Reizerscheinungen hemmt, fehlt mir. Mit dem Erlöschen der normalen Athmung geht für den Gesammtorganismus die Hauptkraftquelle verloren, da die intramoleculare Athmung bekanntlich keinen genügenden Ersatz liefert. Man könnte die so verloren gehende Energie als Ursache anzusprechen geneigt sein. Ein Beweis wird sich schwer erbringen lassen. Ausserdem ist bereits wenigstens eine Reaction bekannt (bei Drosera), bei deren Zustandekommen diese Kraftquelle nicht nöthig ist; die Energie muss also auch auf anderem Wege gewonnen werden können.

Wenn wir zunächst von den Anaerobien absehen, die ja die verschiedensten Functionen, alle, die sie zum Leben nöthig haben, ohne

Sauerstoff in freier Form ausführen können, und uns auf die höher organisirten Pflanzen beschränken, so gibt es einige Functionen, die ohne die Gegenwart freien Sauerstoffes ausgeführt werden können. Sie sind von Pfeffer im ersten Bande seiner „Pflanzenphysiologie“ (S. 378) zusammengestellt worden; lauter Vorgänge, die mit den diosmotischen Processen zusammenhängen: die Bildung der Plasmahaut selbst, die Plasmolyse, die Turgorsteigerung durch Wasseraufnahme, ferner, worauf mich Herr Geheimrath Pfeffer selbst gütigst aufmerksam machte, die Diosmose und Speicherung gewisser Stoffe, und die Kohlensäurezersetzung im Licht durch den Chlorophyllapparat. Darauf, dass diese auch ohne freien Sauerstoff vor sich gehen kann, beruht ja die bekannte Bacterienmethode Engelmann's.

Die Fortdauer der ersteren Phänomene hat wenig Auffälliges an sich, ja man darf sie gewiss als nicht einmal indirect von der Gegenwart des Sauerstoffs abhängig auffassen, hat doch Pfeffer[1]) gezeigt, dass das Protoplasma sogar getödtet werden kann, ohne dass sich zunächst die diosmotischen Eigenschaften der Plasmamembran merklich ändern. Dass leichter Druck sie dann zerreisst, könnte mit der Art der Tödtung (durch verdünnte Säuren) zusammenhängen und braucht keine nothwendige Folge derselben zu sein. Im Assimilationsprocess jedoch sehen wir einen complicirten, strenge an das Leben geknüpften Process fortdauern, dafür aber ist er auch nur beschränkte Zeit und nur indirect vom Sauerstoff unabhängig; das lehrt die nach längerem Aufenthalt des Objectes im Vacuum auch in atmosphärischer Luft herabgesetzte Kohlensäurezersetzung. An die Assimilationsthätigkeit schliesst sich die Reizbewegung der Droseratentakeln als ein eben so gut unabhängiger Process an; ob noch weitere der untersuchten Objecte hierher gehören, muss zur Zeit unentschieden bleiben.

Verlassen wir nun für einen Augenblick die höheren Pflanzen und wenden uns zu den niedrigen Organismen, so finden wir dort bekanntlich eine Reihe von Formen, die ohne die Gegenwart freien Sauerstoffes alle ihre Functionen verrichten können (Anaerobien), und andere, die von der Gegenwart desselben vollkommen abhängig sind (Aerobien). Zwischen diese beiden Extreme hinein schieben sich jedenfalls Uebergangsglieder, indem etwa einige nur einzelne Functionen ohne Sauerstoff ausführen können, zu anderen ihn nothwendig brauchen (man denke an die nur bei Gegenwart von Sauerstoff schwär-

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 1 S. 33.

menden Bacterien Engelmann's), und andere, deren in Gegenwart dieses Gases begonnene Thätigkeit nach dem Sauerstoffentzug eine Zeit lang fortdauern kann, ein Verhalten, das bereits an die Helianthuskeimlinge erinnert. Es liegen aber auch Thatsachen vor, welche dafür sprechen, dass event. nur unter bestimmten Ernährungsverhältnissen Anaerobiose zu Wege kommen kann, unter anderen die Organismen den Sauerstoff nöthig haben. Aehnlich könnte es auch bei den Phanerogamen sein und es könnten sich event. bei gewissen Objecten äussere Bedingungen herstellen lassen, unter denen auch hier bei Sauerstoffabschluss wenigstens gewisse Functionen fortdauern.

Hier, wo ich die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen über das Verhalten der reizbaren Pflanzenorgane bei geringen Sauerstoffmengen mitgetheilt habe, verdienen einige nebenbei erhaltene Ergebnisse nochmals aufgezählt zu werden.

Da einzelne falsche Angaben von Kabsch über das Verhalten reizbarer Organe in gewissen Gasen bis in die neueste Zeit hinein in der Litteratur mitgeschleppt werden, so ist es vielleicht nicht unangebracht, zunächst zwei derselben hier zu corrigiren.

Der reine Sauerstoff sistirt die Reizbarkeit der Staubgefässe von Berberis und der Narben von Mimulus nicht, wirkt auch nicht tödtlich ein; die gesteigerte Dichte ist also hier eben so wenig von merklichem Einfluss wie bei anderen in neuerer Zeit untersuchten ähnlichen Fällen.

Das Stickoxydul ist nach meinen, ebenfalls mit Staubgefässen von Berberis gemachten Erfahrungen ein vollkommen indifferentes Gas. So wenig es die Athmung der höheren Pflanzen unterhalten kann,[1] wie das erst in neuester Zeit festgestellt wurde, so wenig kann es direct oder indirect den reizbaren Organen den nöthigen Sauerstoff liefern. Dagegen wäre es immerhin möglich, dass es doch niedrige Organismen gäbe, die energisch genug arbeiten könnten, um die bekanntlich immerhin lockere Bindung zwischen Sauerstoff und Stickstoff zu zerreissen. Die Bacterien bringen ja so vielerlei zu Stande, dass eine derartige weitere Leistung uns eigentlich wenig in Erstaunen zu setzen brauchte, falls sie wirklich stattfände.

Dann möchte ich noch einmal auf die „chemische Reizbarkeit" verschiedener typisch an mechanische Reize angepasster Objecte hin-

1) Vgl. darüber Detmer, Landw. Jahrb. 1882 S. 213. — Möller, Berichte der deutschen bot. Ges. 1884 S. 35.

weisen. Sie wurde bereits von Kabsch bei einigen derselben beobachtet und hat im Grunde genommen eigentlich eben so wenig etwas Sonderbares auf sich, als die „mechanische Reizbarkeit“ verschiedener typisch an chemische Reize angepasster Objecte, wie es die Droserablätter sind. Trotzdem bilden die Carnivorenblätter noch immer die einzigen Beispiele chemischer Reizbarkeit von Organen höherer Pflanzen.[1]) Wenn man aber berücksichtigt, dass das nämliche Object mehrmals hintereinander auf die chemische Einwirkung mit der typischen Reizbewegung antworten kann, so liegt meines Erachtens kein Grund vor, ihm dieselbe abzusprechen. Etwas anderes wäre es freilich, wenn man die einmalige mit Tödtung des Objectes verbundene Bewegung, wie sie Salzsäuredampf z. B. bewirken kann, auch als chemische Reizung auffassen wollte, denn hier bewirkt offenbar die Turgoraufhebung durch das Absterben die Bewegung. Als „chemisch reizbare“ Objecte stellten sich heraus: Mimosa, die Staubgefässe von Berberis und die Narben von Mimulus für Ammoniakdämpfe, auf welche die Cynareenstaubgefässe dagegen und selbst die reizbarsten Ranken nicht reagirten.

Als chemischer Eingriff muss wohl auch der eigenthümliche, schon von Kabsch beobachtete, aber falsch gedeutete Reiz aufgefasst werden, der bei den Staubgefässen von Berberis und Helianthemum (S. 101 u. f., S. 110) und möglicherweise auch bei den Narben von Mimulus beim Auspumpen, d. h. durch die Herabminderung des Sauerstoffgehaltes im Recipienten, zu Stande kommt. Es kann nur im ersten Augenblicke etwas paradox erscheinen, dass der ja unter normalen Verhältnissen das Object immer umgebende Sauerstoff auf einmal reizend wirken soll; er wirkt eben nicht an und für sich reizend, sondern das thut die Variation der gebotenen Menge. Ein genau entsprechendes Verhalten zeigt Mimosa, wo wir bekanntlich durch Beschatten, also durch Variation der gebotenen Lichtmenge, eine typische Reizbewegung auslösen können. Dem Principe nach gleich verhalten sich ja auch nach Pfeffer's Untersuchungen die Samenfäden der Farne, wenn sie z. B., in verdünnter Apfelsäure schwimmend, durch concentrirtere gereizt werden.

---

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 249. In der Untersuchung „Locomotorische Richtungsbewegungen auf chemische Reize“ hat dann Pfeffer eine ganze Reihe solcher Erscheinungen für niedrigere Organismen beschrieben und auf die Möglichkeit des Vorkommens chemischer Reize bei den Phanerogamen hingewiesen. Untersuch. a. d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 S. 468 u. f.

Litteratur.

A. Osw. Kihlman, Pflanzenbiologische Studien aus Russisch-Lappland. Ein Beitrag zur Kenntniss der regionalen Gliederung an der polaren Waldgrenze. Helsingfors 1890. 8⁰. 263 pag. nebst 24 pag. Beilagen, 14 Tafeln in Lichtdruck und einer Karte. Aus den Actis Societatis pro Fauna et Flora Fennica T. VI. Nr. 3 abgedruckt.

Der reiche Inhalt dieser interessanten und für die Kenntniss des Pflanzenlebens im hohen Norden wichtigen Arbeit vertheilt sich in neun Abschnitten (Kapiteln). Wir werden suchen, einiges davon auszugsweise hier mitzutheilen, soweit nämlich dies innerhalb eines beschränkten Raumes thunlich ist.

I. Orographie und Geologie des Gebietes. Die Halbinsel Kola (Russisch-Lappland) liegt zwischen 66⁰ 3′ und 69⁰ 23′ n. Br. und hat ein Areal von etwa 96,000 qkm. Nur im westlichsten Gebiete finden sich hohe Gebirge, imposante Massiven, Umptek oder Chibinä und Lujawr-Urt genannt, deren höchste Elevation auf 1200—1300 m geschätzt wird. Die ganze übrige Halbinsel kann als eine undulirte Hochebene betrachtet werden; im westlichen Theile sind doch einige Höhen von 200—400—600 m zu bemerken; im östlichen Theile sind die Höhen unbedeutend und betragen nicht über 100 m, nur in dem östlichsten Theil findet sich ein bedeutenderer (190 m) Höhenzug, „Schuur-urt", welcher die Wasserscheide zwischen zwei Fluss-Systemen bildet.

Der Charakter der Küste ist auf der Nord- und Südseite der Halbinsel sehr verschieden; das Eismeergestade ist nämlich eine direkte Fortsetzung der hohen norwegischen Felsenküste, die Südküste aber hat fast in ihrer ganzen Länge und mit sehr wenigen Ausnahmen einen seichten, niedrigen, sandigen Strand, von welchem in einer wechselnden Entfernung von wenigen Schritten an bis anderthalb Kilometer der 15—20 m hohe, bald sandige, bald lehmige Abhang des Strandwalles sich plötzlich erhebt. Hinter diesem steigt das von Morästen und Flüssen verschiedener Grösse gefüllte Land allmählich nach dem Innern, welches, wie der grösste Theil von Finnland, aus einem Grundgebirge besteht, auf dessen abradirte und corrodirte Oberfläche die jungen Bildungen der Eiszeit unmittelbar ausgebreitet worden sind. Das Grundgebirge zeigt eine völlige Uebereinstimmung seiner verschiedenen Gesteine mit denen in Finnland und Skandinavien.

Für Torfbildung sind die Bedingungen im Gebiete zum Theil sehr günstig. Die organischen Zersetzungsprocesse werden während des kurzen und kalten Sommers in hohem Grade verlangsamt, und man sieht daher abgestorbene Pflanzentheile von zartestem Bau ungewöhnlich lange in fast unversehrtem Zustande beibehalten. Auch an sehr trockenen Standorten kann darum fast jede Pflanze nach Maass ihres Wachsthumes zur Torfbildung beitragen, wenn auch nur wenige in solcher Menge auftreten, dass sie dem Bildungsprodukt ein abweichendes Gepräge aufdrücken können. Unter

den Phanerogamen des Gebietes nennt Verf. nur Empetrum als eine Pflanze, die allein für sich eine Art von Torfbildung veranlasst. Dies reine Empetrum-Torf hat eine sehr geringe Verbreitung und Verf. hat denselben nur dicht an der Küste gefunden. Die übrigen Torfarten werden überwiegend von Moosen gebildet, und man kann drei Hauptformen davon unterscheiden, je nachdem Dicranum-Arten, echte Torfmoose (Sphagna) oder ein Gemisch von mehreren Laubmoosen, Flechten und Reisern als Hauptbildner auftreten. Unter den Moos-Torfarten ist die von Sphagnum gebildete ohne Vergleich die nach Masse und Häufigkeit ihres Vorkommens bedeutendste. Am besten entwickelt ist sie im Waldgebiete, wo Sphagnum fuscum oft mehrere Kilometer weit die Hauptmasse der lebenden Pflanzendecke ausmacht. Hinsichtlich der Einschlüsse und Beimischungen des Sphagnum-Torfes dürften im Vergleich mit südlicheren skandinavischen Mooren keine wesentliche Eigenthümlichkeit bestehen; einige der gewöhnlichsten Reiser und Cyperaceen, mehrere Laub- und Lebermoose, bilden die Hauptmasse derselben.

Unter den torfbildenden Dicranum-Arten ist in unserem Gebiete Dicranum elongatum die wichtigste (andere wie D. tenuinerve, D. scoparium, weniger); sie ist am reichlichsten in den Küstengegenden des Nordens verbreitet, im Binnenlande wohl auch, aber nicht entfernt so reichlich wie an der Küste. Häufig überlagert das Dicranum den Sphagnum-Torf oder die von Reisern durchwebte, unterste Bodenschicht; oft findet man auch direkt unter demselben die Moräne. Seine Dicke ist gewöhnlich viel kleiner als die des Sphagnum-Torfes; bei Orlow fand Verf. ein Maximum von etwa 5 dm. Noch viel schmächtiger als der Dicranum-Torf ist die torfige Erdschicht, die wir an den hochgelegenen, windoffenen Plateaus in der Nähe der Nordküste finden. Sie wird oft aus sehr zahlreichen Pflanzenarten aufgebaut; auf einem ganz beschränkten Raum bei Orlow fand Verf. deren 56, die Hauptmasse von 9 Reisern (Betula nana, Empetrum, Arctostaphylos alpina etc.) und verschiedenen Flechten gebildet; das ganze wurde durch zahlreiche Moose zu einem festen Filz verbunden, der eine Dicke von einigen Centimetern bis 1—2 dm hatte.

Ueber einen grossen Theil der Halbinsel verbreitet findet man Gruppen gewaltiger Torfhügel von rundlicher, länglicher oder unregelmässig gelappter Gestalt; die Höhe derselben wechselt sehr, erreicht gewöhnlich 2—3 m mitunter auch 4 m, und zeigt andererseits alle Abstufungen bis zu den niedrigen noch fortwachsenden Hümpeln der Hochmoore. In horizontaler Richtung sind ihre Dimensionen ebenso schwankend und wechseln von meterbreiten gerundeten Flächen oder gratenförmigen Rücken zu ausgedehnten, 20—30 Schritt breiten, Plateaus. Die Oberfläche ist abgeplattet, fast immer gefurcht und runzelig aus unregelmässigen, 1—2 dm tiefen Unebenheiten; grosse Flecken derselben bestehen aus nacktem Sphagnum-Torf, sonst ist sie mit einer rissigen, spröden Flechtenkruste bedeckt, welche nur von spärlichen Reisern durchwachsen ist. Die steil abfallenden oder stark geneigten Seiten (genannter Torfhügel) sind hingegen mit kräftigen Reisern (oben Ledum und Empetrum, unten vor allem Betula nana) bewachsen, zwischen denen die Moltebeere eine sonst kaum gesehene Grösse erreicht und auch die Strauchflechten (Cladonia etc.) es gar oft zu einem üppigen Wachsthum bringen.

II. Uebersicht der wichtigsten klimatischen Elemente. In diesem Abschnitt werden besprochen: a) Temperatur der Luft, b) Winde, c) Feuchtigkeit und Bewölkung, d) Niederschläge, e) Meereis und Temperatur des Meeres, f) Eisboden, g) Temperatur des süssen Wassers. Interessirt also hauptsächlich nur den Meteorologen und wird deswegen hier nicht weiter erwähnt.

III. Die Baumgrenze und die Winde. Russisch-Lappland gliedert sich hinsichtlich des wichtigsten pflanzen-physiognomischen Momentes, der Verbreitung des Waldes, in zwei ungleich grosse Hauptgebiete: die baumlose „Tundra“ längs der Nordküste (und auf den Gebirgshöhen) und das Waldgebiet, welches letztere den südlichen und grössten Theil der Halbinsel umfasst. Im Allgemeinen ist der Wald gegen die Tundra ziemlich scharf abgegrenzt; in den Thalsenkungen und an sonst geschützten Orten finden sich jedoch Inseln und hervorstehende Zungen von Birken- und Weidengebüsch, welche die offene Tundra hin und wieder unterbrechen.

Verf. bespricht nun weiter eingehend die Bedingungen des Baumwuchses an der Waldgrenze und die Momente, die das Auftreten desselben bedingen, wobei die hemmenden Einflüsse allzu starker Winde auf das Baumleben überhaupt bekannt sind. Betrachtet werden infolge hiemit einige Baum- und Strauchformen, die als charakteristisch für windoffene Localitäten in Russisch-Lappland angesehen werden können. Als extremsten Fall kann man die Bildung von Matten registriren, welche nur die Höhe des umgebenden Flechten- und Reiserfilzes erreichen, die aber im Horizontalplan mitunter recht ansehnliche Dimensionen erlangen. Besonders schön kann die leicht wurzelnde Fichte in dieser Wuchsform auftreten; längs dem Tundrasaum bei Orlow sah Verf. Fichten von bis 5 m Länge, deren dünne, steile Zweige in dem Flechtenfilz umherkrochen. Die Breite war oft kaum $1/_{10}$ der Länge, sämmtliche Astspitzen gegen SE gekehrt und die Wachsthumsrichtung also der herrschenden Windrichtung parallel.

Auf mässig geschützten, mit Geröll bedeckten Böschungen bei Orlow bildet auch der Wachholder 2—3 m breite, reichlich fructificirende Matten, die jedoch adventive Wurzeln kaum ausbilden und daher leicht von der Unterlage abzuheben sind. — Auch die Birke wächst vielfach auf den Küstenplateaus in der dem Boden angeschmiegten Spalierform; die Zweige bewurzeln sich leicht, können aber ohnedies eine Länge von wenigstens 2,5 m erreichen; sie sind immer steril.

Verfolgt man die Entwickelung des Wachholders, wie sie in der oberen Waldregion oder in der inneren Tundra verläuft, so findet man, dass die Spitze des geraden Stammes regelmässig abstirbt, sobald sie eine gewisse, etwas variable, Höhe über dem Boden erreicht hat. Die Seitenzweige wachsen dagegen schief aufwärts oder fast horizontal weiter, bis ihre Spitzen in der einmal gegebenen, verhängnissvollen Höhe ebenfalls absterben. Hiedurch kommt ein niedriges, tischähnliches Bäumchen zu Stande, dessen dichte, schirmförmige Krone ein Diameter von 3—4 m erreicht, und dessen centraler, cylindrischer Stamm bei einem Alter von 300—400 Jahren einen Durchmesser von mehr als 30 cm haben kann. Die Höhe des ganzen Gebildes beträgt durchschnittlich etwa 1 m, kann aber hin und wieder beinahe 2 m erreichen. Die Linie, oberhalb welcher alle Zweige zu Grunde gehen, wird durch die durchschnittliche Höhe der Schneedecke zu Anfang der Schmelze bedingt.

An exponirten Stellen bildet die Rothtanne (Fichte) ganz analoge Strauchformen, nur bekommen diese durch das fast unbegrenzte Wachsthum der wurzelschlagenden untersten Zweige eine viel grössere Ausdehnung; Verf. hat polsterförmige fast meterhohe Rasen von mehr als 8 m Durchmesser gesehen, die unzweifelhaft einem einzigen Wurzelstock entsprossen waren; auch gewinnt der ursprüngliche Stamm gar nicht dieselbe dominirende Bedeutung wie beim Wachholder. Da ferner die Fichte des Schutzes der Schneedecke weniger bedarf als der Wachholder, so ist die Oberfläche des „Tisches“ auch in den ungünstigsten Lagen meistens mit

kürzeren oder längeren Zweigstacheln und Büscheln besetzt, die eben so viele Versuche, die kritische Schneelinie zu passiren, darstellen.

Auch die Birke bildet tisch- oder heckenförmig geschorene Sträucher, die, der massenhaften Verbreitung dieser Baumart ausserhalb der Waldgrenze gemäss, noch allgemeiner als die beiden vorhergehenden und für die innere Tundra-Landschaft geradezu charakteristisch sind. Gewöhnlich besteht ein solcher Birkenstrauch aus einem Büschel divergirender, relativ zarter Zweige, die aus einer gemeinsamen Wurzel hervorsprossen und oben in der vorher bezeichneten Höhe wie scharf beschnitten und stark verästelt sind. Die Zweige erheben sich aus einem kleinen Hümpel, der sich aus vermoderten Aststrünken, Wurzeln und Humusabfall zusammensetzt und von dem hohen Alter des anscheinend jugendlichen Strauches berichtet.

In der Mitte zwischen Wachholder und Birke in Bezug auf Windschutz steht die Eberesche. Im geschlossenen Walde gedeiht sie ohne Bedeckung fast eben so gut wie die Birke, aber in offener Lage steht sie dem Wachholder an Empfindlichkeit kaum nach. Dabei zeigt der vom Schnee geschützte Theil ein üppiges Wachsthum und bildet dichtlaubige, beschnittene Sträuche von ähnlichem Bau wie die Birke. So erreicht die Eberesche in den Wäldern bei Siejtjawr eine Höhe von 5—6 m, aber unter den lichten Birkenbeständen an den Ufern von Lujawr ist sie nicht mehr als 10—12 dm hoch.

Nur als seltene Ausnahme findet man in Russisch-Lappland die Kiefer als Knieholz; das einzige dem Verf. bekannte Beispiel waren einzelne 5—8 dm hohe Sträucher, die an den östlichen Gehängen von Lujawr-Urt in der oberen Waldregion beobachtet wurden. Das kriechende, nicht bewurzelte Astwerk hatte einen Durchmesser von bis 1,5 m und die obere Hälfte desselben war meistens abgestorben.

Verf. bemerkt nachher, dass ähnliche Baumkrüppel, wie die hier geschilderten, auch ausserhalb des Gebietes vorkommen. So findet man an den äussersten Felseninseln der finnischen Südküste dichtästige Teppiche von Fichten oder Wachholdern, die sich dem steinigen Untergrunde eng anschmiegen oder den Absatz auf der Leeseite eines grossen Steines oder eines Felsenvorsprunges ausfüllen. Weiterhin wird ausführlich (mit Berücksichtigung verschiedener Meinungen) der Effekt der Windwirkung in allen diesen Fällen besprochen. Verf. ist der Meinung, dass die Verdunstung der bedeutendste Factor ist, der im Norden das Baumleben gewaltsam zurückdrängt, d. h. „hauptsächlich die, Monate lang dauernde, ununterbrochene Austrocknung der jungen Triebe zu einer Jahreszeit, die jede Ersetzung des verdunsteten Wassers unmöglich macht". Da die Wurzeln und Basalpartien der Zweige während 6—8 Monate hart gefroren bleiben, so ist die Ersetzung des Verlorenen auf dem gewöhnlichen Wege von unten her abgeschnitten und alle Bedingungen für eine starke Verminderung des Wassergehaltes, event. für ein vollständiges Vertrocknen, sind damit gegeben. Dass eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit eine Beschleunigung des Austrocknungs-Processes begünstigt, ist natürlich.

IV. Gefahr der Vertrocknung im feuchten Klima. Dies interessante, an Beobachtungen, unter ausgiebiger Benutzung der einschlägigen Litteratur, reiches Kapitel behandelt eingehend die ungünstigen Verhältnisse, die das Pflanzenleben im Norden und besonders in den Arktis auf den ausgedehntesten Lokalitäten das ganze Jahr über beherrschen. Von dem, was Verf. hierüber und besonders über das wichtige Moment, die „Gefahr der Vertrocknung" und deren Ursachen sagt, kann aber nur folgendes Fragment hier mitgetheilt werden.

a) Vegetation des trockenen und des versumpften Bodens. Die Feuchtigkeit des unterirdischen Eises ist, bei der im Sommer sehr langsamen Abschmelzung desselben, wenig ausgiebig, und sie wird nicht die Pflanzen vor Vertrocknung schützen, weil diese das eiskalte Wasser doch nicht aufnehmen und verwenden können. Es wird hierdurch einigermaassen verständlich, warum so viele arktische Pflanzen, und unter diesen gerade die allergemeinsten und am weitesten verbreiteten, eine deutliche Anpassung an Trockenheit, speciell an trockene Luft, zeigen. Die Blätter sind lederartig, steif und hart, stark cutinisirt mit schuppen- oder nadelförmig verminderter Oberfläche (Lycopodium, Diapensia, Andromeda hypnoides), oder sie haben eine deutliche Neigung zu Succulenz (gewisse Saxifragen, Eutrema, Rhodiola). Dabei erhalten die Spaltöffnungen eine versteckte Lage entweder in mehr oder weniger abgeschlossenen Hohlräumen (Andromeda tetragona, Empetrum), oder unter einer zottigen Haarbedeckung der Blattunterseite (Ledum, Dryas, Potentilla nivea und multifida, Azalea, Phyllodoce). In anderen Fällen ist die spaltöffnungstragende Unterseite des lederartigen Blattes von einem dicken, sicherlich auch die Transspiration herabsetzenden, Wachsüberzug bedeckt (Androm. polifolia, Vaccinium vitis idaea, Salix glauca und reticulata). Unter den grasartigen Gewächsen wäre eine ganze Reihe hochnordischer Arten zu nennen, die durch Zusammenrollen, Trockenheit und starke Cutinisirung der Blätter zum Typus der Steppengräser gerechnet werden müssen (z. B. Hierochloa alpina, Festuca ovina, Nardus, Carex rupestris und pedata). Dagegen ist der Schutz durch einen dichten Haarfilz in den hochnordischen Gegenden schwach repräsentirt (Antennariae, Drabae, Eritrichium, Salix lanata und lapponum) und scheint überhaupt gegen direkte Sonnenstrahlung wirksamer zu sein als gegen Austrocknung durch Wind und Kälte.

Die Transspirationsintensität ist nicht nur von der Besonnung, der Luftwärme und der relativen Luftfeuchtigkeit, sondern auch von der Windstärke abhängig, während die Wurzelthätigkeit, die das nöthige Wasser besorgen soll, von diesen Momenten unberührt, hauptsächlich von der Bodentemperatur abhängt. Nun sind eben die offenen Sümpfe und Moräste die zugleich windigsten und bodenkältesten aller Standorte unseres Erdtheils; die Temperatur des Erdreiches wird noch lange nachdem der Schnee verschwunden ist, durch das allmählich schmelzende unterirdische Eis sehr niedrig gehalten. Schon während das Wurzelsystem noch, wenigstens theilweise, gefroren ist, lockt die Frühlingssonne einige Arten (z. B. Eriophorum vaginatum) zu erneuter Blatt- und Sprossbildung, um sie dann oft für längere Zeit dem austrocknenden Hauch der Polarwinde zu überlassen. Es kann daher nicht befremden, dass die Sumpfpflanzen trotz überreichen Vorrathes an Wasser und relativ hoher Luftfeuchtigkeit dennoch der Gefahr der Vertrocknung ausgesetzt werden können und dass viele unter ihnen des Schutzes gegen diese Gefahr bedürfen. Mehrere unter den oben genannten Pflanzen mit starren lederartigen Blättern gehören eben zu den häufigsten und verbreitetsten Bewohnern des nassen Bodens. Androm. polifolia kommt überall in Russisch-Lappland auf ganz ungeschützten Morästen vor. Kaum weniger wählerisch ist Empetrum, wohl die häufigste Phanerogame des Gebietes. Etwas trockenere, aber doch immer sehr feuchte bis nasse Standorte lieben die allgemeinen Ledum palustre und die beiden Oxycoccus-Arten. An den windoffenen Sumpfwiesen in der unmittelbaren Nähe der Küste wird das niedrige Gesträuch hauptsächlich von Salix myrsinites gebildet; an Gedeihlichkeit und Reichthum der Individuen wird sie hier von keinem anderen Strauche überholt,

ja nicht einmal erreicht. Es ist nun gewiss kein Zufall, dass die Blätter eine trockene, lederne Konsistenz haben, die hier ausgeprägter ist als bei allen übrigen Weide-Arten des Gebietes, vielleicht mit Ausnahme für S. reticulata. Vor dieser hat sie aber noch eine andere Eigenschaft voraus, die als in demselben Sinne wirkend aufgefasst werden möchte. Die kurzgestielten, schräg aufwärts gerichteten Blätter werden nämlich im Herbst nicht abgeworfen, sondern umgeben den Jahrestrieb noch in der folgenden Vegetationsperiode als dürre, rasselnde Hülle. Es ist einleuchtend, dass durch diese Blatthülle der direkte Anprall der Winde gegen die Oberfläche des lebenden Pflanzentheiles verhindert oder bedeutend abgeschwächt wird und die Verdunstung dadurch vermindert. Auch atmosphärischer Niederschlag kann sich zwischen den eng zusammenstehenden Blättern ansammeln und länger erhalten bleiben als dies sonst möglich wäre. In diesem Sinne dürfte auch der dicke Haarfilz wirken, der sich an den Aesten von zwei der hartwüchsigsten Weiden (Salix glauca und S. lanata) findet.

Eine ganz besondere Aufmerksamkeit bei einer Betrachtung der Sumpfvegetation beanspruchen die Woll- oder Riedgräser (incl. die Binsen), die in so wechselnden Formen und in so ungeheueren Massen die Niederungen Lapplands beleben. Unter diesen ist Eriophorum vaginatum eine der in physiognomischer Hinsicht wichtigsten Arten. In Russisch-Lappland kommt sie in jedem Torfmoor und an ähnlichen Localitäten massenhaft vor. Die ziemlich spärlichen Blätter sind fadenförmig und nur schwach geplattet, die Transspirationsfläche derselben also sehr beschränkt. Bei den zahlreichen, schmächtigen Halmen ist dies in noch höherem Grade der Fall. Die Epidermis sowohl der Blätter als der Stengel ist verdickt und stark cuticularisirt. — Diesen Typus: cylindrische Bildung der Blätter, ihre gradweise Reduction an Zahl und Grösse bis zu fast vollständigem Eingehen (ihre Function mehr oder weniger auf den cylindrischen Stengel übertragen), schwache Ausbildung des Durchlüftungssystemes und Verstärkung der cutinisirten Oberhaut, finden wir nun bei einer grossen Zahl der häufigsten, grasartigen Sumpfpflanzen. Eriophorum alpinum, russeolum und Scheuchzeri, Juncus biglumis, triglumis und filiformis, Carex rotundata, dioica, parallela, chordorhiza, pauciflora und microglochin, Scirpus caespitosus wiederholen denselben Typus in verschiedenen Abstufungen und sind selbst ausschliesslich Bewohner der nassesten Standorte.

Bei vielen, vielleicht allen, breitblättrigen Riedgräsern des Gebietes findet man längs der Mittellinie der Blattspreite und an deren Oberseite ein Gelenkgewebe von grossen, wasserreichen Zellen, welche durch Schwankungen in ihrem Turgor eine gewisse Beweglichkeit der beiden Blatthälften gegen einander ermöglichen. Wenn die Blatthälften sich einander nähern, entsteht eine Art „windstiller Raum", welcher durch hervorstehende Hauptpapillen und Längsrippen der Blattoberseite noch wirksamer zur Verminderung der Transspirationsintensität beitragen muss. Verf. führt noch weitere Beispiele an und bezweifelt nicht, dass diese bei näherer Untersuchung vervollständigt und in verschiedener Richtung bereichert werden können, bestreitet aber nicht, dass andererseits unter den Sumpfpflanzen auch solche sich finden, bei welchen besondere Vorrichtungen zur Verminderung der Transspiration nicht hervortreten. Auffallende Beispiele dieser Art sind Rubus Chamaemorus, Pedicularis lapponica, Nardosmia frigida, Ranunculus Pallasii; dann, aber schon mehr empfindlich, Hippuris, Caltha, Epilobium palustre und davuricum, Cardamine pratensis, Comarum u. a. Aber die Hauptmasse der Pha-

nerogamen-Vegetation der Torfmoore und vieler anderer Sümpfe ist denjenigen Formationen anzurechnen, welche eine ausgiebige Austrocknung in der Luft ertragen können, resp. öfters ertragen müssen.

b) Absterben der torfbildenden Moose. Das sichtliche Zurücktreten und allmählige Absterben der Sphagna in den nordischen Torfmooren und ihre Ueberwucherung von Flechten und geringere Feuchtigkeit fordernden Moosen ist eine in Russisch-Lappland sehr häufige Erscheinung, die in den physikalischen Eigenschaften des Moostorfes und in dem jährlichem Gang der Temperatur begründet ist. Die Torfmasse ist nämlich ein sehr schlechter Wärmeleiter, und je kleiner die jährliche Wärmesumme (von Temperatur über Null) einer Gegend ist, um so später wird das von dem Torf bedeckte Grundeis aufthauen, oder bei einem um so höheren Niveau wird das Abschmelzen desselben sistirt. Durch fortgesetztes Wachsthum erzeugt also das Moos selbst ein Hinderniss, das die transspirirende, lebendige Oberfläche vom wasserreichen Untergrund isolirt. Anfänglich nur zu gewissen Jahreszeiten wirksam, erstreckt sich die Absperrung allmählich über die ganze Vegetationsperiode, und bei fortgesetztem Wachsthum des Sphagnum-Hümpels rückt ebenso das mittlere Niveau des Grundeises immer mehr aufwärts, eine reichliche resp. hinreichende Wasserzufuhr von unten mehr und mehr erschwerend.

Der gewöhnliche Gang der Veränderungen, welche die Vegetation des Sphagnum-Hümpels in Folge der Austrocknung erleidet, ist (im Inneren der Halbinsel) in seinen Hauptzügen folgender. Die vorher reichlichen Ried- und Wollgräser gehen mehr oder weniger vollständig aus, während die Zwergsträucher (Betula nana, Vaccinium uliginosum) in die Höhe schiessen und neue Moosformen, vor allen Polytrichum juniperinum und Gymnocybe palustris, dann Dicranum-Arten, Hypnum Schreberi u. a. sich zwischen die älteren hineindrängen. Gleichzeitig erscheinen auch die Strauchflechten, zuerst Cladinae, Sphaerophoron coralloides und mehrere Cladoniae, später auch Cetrariae und Platysmata sowie Alectoriae. In einem späteren Stadium fangen nicht nur die Cladinae, sondern auch die Reiser, unter denen jetzt Empetrum reichlich hervortritt, zu kränkeln an und gleichzeitig sieht man auch grauweisse Flecken von Lecanora tartarea. Das lebende Sphagnum-Moos ist schon früher verschwunden und auch die übrigen Moosarten werden allmählich von der Flechtenkruste überdeckt; am längsten sieht man noch vereinzelte Stämme von Polytrichum juniperinum und kleine Rasen von Dicranum. Unter den Strauchflechten verschwinden die Cladinae zuerst, die meisten Cladonien werden auf kümmerliche Thallus-Schuppen und sterile Podetien reducirt; zuletzt verschwinden die Alectorien und der Hügel ist jetzt von einer mit Rissen durchzogenen Lecanora-Kruste bedeckt, aus welcher nur hie und da schwächliche Aeste von Empetrum, Vaccinium uliginosum oder Ledum hervorragen (sowie einzelne Blätter von Rubus chamaemorus).

An der Küste scheint sich der Uebergang von lebendem Sphagnum zur ausgebildeten Flechtenkruste oft in sehr kurzer Zeit zu vollziehen, so dass weder die Reiser noch die Strauchflechten zu der gewöhnlichen reichlichen Entwickelung gelangen können. — Eine ähnliche Abschwächung, wie in den Küstenstrichen der Kola-Halbinsel, erleiden die Sphagnum-Formationen auch in der alpinen Region; für die hocharktische Vegetation kann gewiss die mangelhafte Ausbildung der Sphagna als hervorstehendes notum characteristicum angesehen werden. — Auch die Polytrichum-Form kommt an der Hochtundra der Küste nicht zu grösserer Geltung; auch im Innern sind nirgends grössere Flächen, die den Namen Polytrichum-Tundra verdienten.

Die typische Moosform der Tundra-Plateau der Eismeergestade wird von Dicranum-Arten gebildet, vor allem D. elongatum und tenuinerve, dann D. majus, scoparium etc. Sie bilden dicht verfilzte, gleichmässig hohe Polster, die oft, wie C. Müller sagt, sich eher schneiden als zerreissen lassen. Dieser kompacte Filz ist besonders geeignet durch seine Capillarität das Wasser aufzuspeichern und successive nach den allein lebendigen obersten Stammspitzen hinaufzuleiten (in Grönland werden Dicr. elongatum und fuscescens als Lampendochte benutzt.

Oben wurde schon erwähnt wie alle in Russisch-Lappland vorkommenden Torfarten sehr oft von einer Flechtenkruste, hauptsächlich aus Lecanora tartarea bestehend, überzogen werden, und um so trockener oder windoffener der Standort, um so grösser wird die von der Lecanora beherrschte Fläche, um so unbedeutender der Zuwachs des Mooses. Verf. bespricht nun eingehend den Vorgang dieser Ueberwucherung des Moostorfes und die infolge derselben eintretenden weiteren Veränderungen desselben, worüber das Original selbst zu vergleichen ist.

c) Flechtenheide. Wie schon kurz bemerkt wurde, können auch zahlreiche Flechten von der Lecanora tartarea überwuchert werden. Relativ selten findet man diese auf den echten Steinflechten; besonders scheinen zahlreiche krustenförmige Lecanoren und Lecideen nicht von ihr bedeckt zu werden. Dagegen werden verschiedene Parmelien, besonders P. saxatilis, P. omphalodes und verwandte, ebenso Platysma fahlunense und commixtum, sehr oft mit einem dünnen weisslichen Anflug überzogen, der weiter rückwärts fructificirt und sich als Lecanora tartarea herausstellt.

Unter den gewöhnlichen Strauchflechten der Heide- und Moorformationen, die uns hier zunächst interessieren, gibt es kaum eine einzige, die nicht von Lecanora tartarea unter Umständen bewachsen und verunstaltet wäre. Aus der Analogie mit dem sonstigen Auftreten der Lecanora und aus einzelnen Befunden können wir schliessen, dass sie auch in ihrem Verhalten zu den Strauchflechten nur saprophytisch lebt, resp. dieselben durch rasches Wachsthum erstickt.

Wir besitzen hiebei in den durch Lecanora tartarea gekennzeichneten Verunstaltungen ein ziemlich bequemes Mittel, um über die relative Empfindlichkeit der verschiedenen Flechten gegen Wetterungunst, speciell gegen Austrocknung durch Wind, urtheilen zu können. An windoffenen Stellen finden wir immer, dass von den gewöhnlichen Strauchflechten die Cladinen der Heide zuerst unterliegen, wobei die häufigsten Arten (C. rangiferina, alpestris, silvatica) sich nicht merkbar von einander verschieden verhalten. Die grössere Empfindlichkeit dieser Flechten hängt unzweifelhaft mit ihrem anatomischen Bau zusammen. Sie sind nämlich alle, im Gegensatze zu den verwandten Cladonien, zeitlebens unberindete Arten, bei welchen die Gonidialzone nur von einem lockeren, luftführenden Hyphengeflechte eingeschlossen ist. Die assimilirenden Zellen sind also hier in geringerem Grade als dies bei den meisten übrigen Strauchflechten der Fall ist, vor dem directen Einfluss der Luftströmungen geschützt. Ganz in Uebereinstimmung hiemit findet man sehr allgemein Flechtenrasen, wo andere Gattungen noch ganz unversehrt weiter wachsen, die Cladinen aber entweder kränklich aussehen, oder sogar schon gänzlich zu Grunde gegangen und von der Lecanora mehr oder weniger vollständig überwachsen sind. Nicht viel hartwüchsiger als die genannten Cladinen (Rennthier-Flechten) ist das häufige Sphaerophoron coralloides. Die grösseren Stereocaulon-Arten sind vielleicht ebenso empfindlich als die Cladina, jedenfalls nicht viel abgehärteter. Unter den zahlreichen Cladonia-Arten scheinen C. cornuta und C. gracilis

besonders unempfindlich zu sein; andere, die zu den häufigsten gehören, waren in dieser Beziehung nicht sehr verschieden von einander. — Alle bisher genannten Gattungen werden in den Eigenschaften der Hartwüchsigkeit von gewissen Cetrarien (C. crispa, islandica, nigricans) und Platysma-Arten (P. cucullatum und nivale) um ein Bedeutendes übertroffen. Den höchsten Grad der Unempfindlichkeit haben jedoch die Alectorien (A. divergens, nigricans und vor Allem A. ochroleuca) erreicht.

Da die Cladonien gewöhnlich nur als Beimischungen in der Pflanzendecke auftreten, können wir drei Hauptformen der Flechtenheide unterscheiden: die Cladina-Heide (hieher Sphaerophoron und wahrscheinlich auch die Stereocaulon-Arten), die Platysma- (und Cetraria)-Heide und die Alectoria-Heide. Sie bezeichnen drei Abstufungen eines allmählich verschlechterten (kälteren und windigeren) Klimas und können daher auch eben so viele Entwickelungsstufen eines und desselben Standortes darstellen, dessen orographische und physikalische Eigenschaften sich stufenweise veränderten und allmählich andere Lebensbedingungen für die Pflanzen herbeiführten. Zwischen der Platysma- und der Alectoria-Form ist, wie schon angedeutet wurde, der Unterschied in Bezug auf Empfindlichkeit nicht so prägnant als zwischen der Cladina- und der Platysma-Form. Wir finden daher die beiden erstgenannten Formen öfters gemischt, und die Alectorien hat Verf. überhaupt nicht in reinen Beständen über ausgedehntere Flächen verbreitet gesehen.

V. Die waldbildenden Baumarten. Einleitend wird hier bemerkt, dass die Ansichten über die systematische Stellung der drei uns zu beschäftigenden wichtigsten Waldbäume, die Birke, die Fichte und die Kiefer, noch heute sehr divergiren. Dies ist besonders der Fall bei der Fichte (Abies excelsa) und deren „klimatische Varietät“ Abies obovata. Nach einer eingehenden Kritik der älteren Angaben und Beobachtungen (auch in anderen Gebieten) kommt Verf. zu folgendem Schlusse. Die Fichte ist in Russisch-Lappland, geradeso wie sonst in Skandinavien, und wohl im grössten Theil ihres Verbreitungsbezirkes, sehr variabel. Tracht des Baumes; Grösse, Form und Farbe der Nadeln und der Zapfen; Dicke, Form und Serratur der Schuppen; alles zeigt nicht unerhebliche, aber, wie es scheint, von einander unabhängige Veränderungen. Die Art erscheint daher von zahlreichen Formen zusammengesetzt, die jede für sich höchstens nur einen sehr niedrigen systematischen Werth erreichen; ob dieselben als natürliche Abzweigungen höherer systematischer Complexe gruppirt werden können, muss einstweilen dahingestellt werden. Eine Korrelation zwischen den variirenden Merkmalen kennen wir nur als nicht scharf ausgesprochene Tendenz, und auch dies nur in einzelnen Kombinationen (z. B. Grösse des Zapfens und Form der Schuppen). Da wir also zur Zeit keine natürlichen, systematischen Einheiten von höherem Grade (Varietät, Subspecies) aufstellen können, so müssen wir um so mehr die specifische Trennung der Obovata-Form von der Excelsa-Form entschieden verwerfen und die in Skandinavien und Lappland vorkommende Fichte als einheitliche, wenngleich in mehrere kleine Formen gegliederte, Art betrachten. Gegen diese Auffassung lässt sich doch ein, scheinbar auf Thatsachen begründeter, Einwand erheben. Er betrifft den Umstand, dass eine deutliche, in nordöstlicher Richtung oder mit zunehmender Meereshöhe sich steigernde Disposition zur Ausbildung von Zapfen der Obovata-Form unverkennbar ist, wenn auch bei weitem nicht so ausgeprägt wie man früher annahm. Verf. hat dieses Factum nicht übersehen, ist aber zur Zeit weit entfernt, eine wirkliche Erklärung desselben bieten zu können, obgleich es ihm nicht unwahrscheinlich vorkommt, dass

die Form und Serratur der Schuppen in einem gewissen Abhängigkeitsverhältniss stehen zu bestimmten klimatischen Einflüssen, die sich an kalten und windoffenen Standorten, also auch mit zunehmender Meereshöhe und geographischer Breite besonders geltend machen. Unter dem Einfluss dieser klimatischen Faktoren zeigen die Schuppen eine Neigung, das Verhältniss zwischen ihrer Länge und Breite zu vermindern und die Unebenheiten und Einkerbungen ihres Randes abzuschwächen (wohl um den Samen besseren Schutz zu leisten: Ref.). Wenn diese Annahme richtig ist, so würden wir die Ausbildung der Obovata-Zapfen als das Resultat analoger Veränderungen bei verschiedenen Fichten-Formen auffassen können. Es wäre dann zu erwarten, dass wir Aehnliches auch bei anderen Blattgebilden aufweisen könnten. Verf. erwähnt nun einiger seiner Aufzeichnungen über Ericineen-Blätter, die dies zu bestätigen scheinen, wobei das Verhältniss zwischen Länge und Breite der Blattspreite bei Vaccinium Vitis idaea, V. uliginosum und Andromeda polifolia aus verschiedenen Standorten speciell berücksichtigt wird. Analoges hat Lindberg bei den meisten Moosarten Spitzbergens beobachtet, die auch sehr von der Ungunst des Klimas leiden, so dass die Blätter eine veränderte Form und Richtung erhalten, indem sie mehr gedrängt, kürzer, stumpfer und mehr aufrecht oder angedrückt und dabei konkav werden.

Ein weiteres naheliegendes Beispiel für dies Breiterwerden der Blätter bietet uns die Kiefer (Pinus silvestris). Fries gründet auf dies Merkmal (etc.) die Varietät lapponica, die später sogar als besondere Art (P. Friesiana Wichura P. rhaetica Brügg.) aufgestellt wurde. Verf. kann aber darin nur eine von äusseren Einflüssen bedingte Modifikation erkennen. Schon im nördlichen Finnland, z. B. in Kuusamo, noch mehr aber in Lappland (Imandra, Kola etc.), ist die von der quirligen Anordnung der Kurztriebe herrührende, abweichende Tracht des Nadelwerkes allgemein verbreitet. Die Ursache hiezu liegt in der spärlichen Verzweigung, in der langen Dauer der Nadeln und in der Isolirung der in der Spitze des Langtriebes jährlich in geringer Anzahl angelegten Kurztriebe durch Aststücke, die nur männliche Blüthen produciren und nach dem Abwerfen derselben ganz nackt erscheinen. Dass es sich jedoch nicht einmal um individuelle Abweichungen handelt, beweist zur Genüge der Umstand, dass oft die unteren (reichlicher blühenden) Zweige diese Tracht sehr ausgesprochen zeigen, während der Wipfel ein ganz gewöhnliches Aussehen hat.

Aber dass auch Veränderungen vorkommen, die wir als wirkliche, aus inneren (unbekannten) Ursachen hervorgegangene schwache Varietäten betrachten können, ist nicht zu läugnen. Hieher gehört besonders die verschiedene, bald ziegelrothe bald schwefelgelbe Färbung der Antheren, die man an nahe bei einander stehenden Bäumen beobachten kann. Bei Kuroptjewsk und Jiigjok hat Verf. allgemein an den Zapfen eine starke Verlängerung und Zurückkrümmung der Apophysen beobachtet, was den kleinsten 12—13 mm langen, fast sphärischen Zapfen ein sehr absonderliches Aussehen gibt. Diese starke Verlängerung der Apophysen wird vielleicht, bei genauerer Untersuchung, nicht gerade selten in den nördlichsten Kieferbeständen anzutreffen sein.

Das Alter der Nadeln war bei Kola in vielen Fällen nicht über vier Jahre und bei Woroninsk wurde notirt, dass die fünfjährigen Kurztriebe zum Theil, die sechsjährigen gänzlich, abgeworfen waren. Bisweilen geschieht dies in noch jüngerem Alter, aber es ist dessenungeachtet gewiss, dass die Nadeln im Norden durchschnittlich länger funktioniren als in südlicheren Gegenden.

Obgleich nicht waldbildend, möge doch hier der Wachholder (Juniperus communis) berührt werden, da er das Verhalten der Kiefer sehr gut illustrirt.

Wie sonst im nördlichen Skandinavien, kommt er auch in Russisch-Lappland unter sehr verschiedenen Formen vor; die extremsten unter diesen werden oft als forma typica und β nana unterschieden, sind aber durch zahlreiche und allmähliche Uebergänge (forma subnana Saelan) mit einander verbunden. Während drei Reisen in Lappland habe der Verf. dem Wachholder eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet, ihn an den verschiedensten Standorten untersucht und dabei die Ueberzeugung gewonnen, dass zwischen den dort vorkommenden Formen keine systematische Grenze besteht. Zwischenformen kommen in ungeheueren Mengen und in allen denkbaren Abstufungen vor; die Abhängigkeit der Formen vom Standort ist unverkennbar. An den offensten, windigsten Oertlichkeiten sucht man die gewöhnliche Form immer vergebens, während dass sie dicht nebenan in einer Thalsenkung oder an einem geschützten Absatz der Felsen ziemlich typisch ausgebildet ist. Ja man findet sogar Sträucher, welche an verschiedenen Zweigen desselben Individuums sehr deutliche Abweichungen in der Blattform und Blattstellung zeigen, je nachdem sie mehr oder weniger dem Unbill des Klimas ausgesetzt sind. Eine weitere Stütze dieser Auffassuug der Nana-Form hat man auch in dem Umstande, dass an den sturmgepeitschten äusseren Scheeren der finnischen Küsten ähnliche Zwischenformen vorkommen wie auf den lappländischen Tundren. (Verf. bemerkt hiebei, dass es noch zu untersuchen wäre, ob der Zwergwachholder der Alpen identisch ist mit der gleichgenannten nordischen Form.)

Die Birke. Von den beiden baumförmigen Birken Skandinaviens kommt die südlichere B. verrucosa Ehrh. in Russisch-Lappland nur selten vor. Die dort waldbildende Birke wurde von Fellman (1864) als B. tortuosa Led. bezeichnet. Dass aber die Waldbirke in Russisch-Lappland keine andere ist als diejenige, welcher wir gegen Westen zu (in Inari) begegnen, d. h. B. odorata Bech., ist nach den persönlichen Erfahrungen des Verfassers unzweifelhaft; die meisten Autoren trennen auch nicht die beiden specifisch von einander. Mehrere lassen einfach die B. odorata bis an die Baumgrenze gehen; andere trennen die strauchförmige Birke der Baumgrenze unter verschiedenen Benennungen als Varietät oder (systematische?) Form von der typischen B. odorata. Verf. schliesst sich der ersteren Auffassung an und bemerkt, dass die nordische Birke wahrscheinlich eine Anzahl kleiner, systematischer Formen umfasst, deren wissenschaftliche Untersuchung noch kaum in Angriff genommen ist. Wenn man aber die Birke der Waldgrenze mit derjenigen der geschützten Flussthäler vergleicht, so muss man gestehen, dass hauptsächlich nur habituelle und, wie Verf. glaubt, von den verschiedenen Wachsthumsbedingungen direkt abhängige Unterschiede anzugeben sind. Die Stämme werden im ersteren Falle kürzer, schon vom Boden an verzweigt, die Aeste knorrig und dick; die Fruchtkätzchen sind nicht so lang, kürzer gestielt und oft mehr oder weniger aufrecht. Auch die Blätter zeigen Veränderungen (deren Grösse ebenfalls), welche, soviel Verf. sehen konnte, regelmässig mit den am jeweiligen Standort herrschenden Verhältnissen in Korrelation stehen und keine systematische Einheit zulassen. Die Konsistenz der Lamina wird fester, mehr lederartig, die Zahnung sehr grob, die Form mehr kurzspitzig bis stumpflich oder fast abgerundet. Da auch ihre Grösse nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, so entstehen nicht selten Formen, die den hybriden Zwischenformen von B. odorata und B. nana ähnlich sehen, und Verwechselungen mit diesen letzteren mögen auch in einzelnen Fällen schwer zu vermeiden sein. Die Birken-Hybriden sind im Gebiete keineswegs selten und bilden hie und da kleine gleichmässige Bestände von 1—1,5 m Höhe; gewöhnlich sind sie

durch niedrigeren Wuchs, breit abgerundete, kleinere Blätter und viel spärlichere Samenbildung von B. odorata leicht zu unterscheiden.

VI. Verbreitung und Zusammensetzung der Wälder. Behandelt die Eigenthümlichkeit und den Charakter derselben in verschiedenen (18) Gegenden und Lokalitäten. Näheres ist hierüber in der Abhandlung des Verf. selbst nachzusehen, da ein Auszug nicht möglich ist.

VII. Alter und Wachsthum der Holzgewächse. In verschiedenen Jahren können sich im skandinavischen Norden die Witterungs- (und speciell die Temperatur-) Verhältnisse sehr abweichend gestalten. Da nun bekanntlich die Temperaturschwelle der Frucht- und Samenreife im Allgemeinen höher liegt als die der Ausbildung der vegetativen Organe, so erwächst dem Indiviuum aus einem langlebigen Pflanzenkörper insoweit ein Vortheil, als es in der oberen, resp. Polargrenze, der Art die hier vielleicht äusserst selten wiederkehrenden Jahre gleichsam abwarten kann, in denen die Ausbildung keimungsfähiger Samen noch erfolgt und eine reichlichere Verbreitung auf diesem Wege wieder möglich wird. Schon von diesem Gesichtspunkte aus können die Angaben über die Lebensdauer des Pflanzenindividuums ein hohes Interesse beanspruchen.

Von besonderem Gewicht ist die Dauer des Stammkörpers bei der Kiefer, bei welcher eine Bewurzelung der unteren Zweige oder ein nachheriger Wurzelausschlag überhaupt nicht vorkommt. Der Wachholder steht an vielen Standorten der Kiefer in dieser Hinsicht sehr nahe; eine Bewurzelung der Zweige kommt jedoch bei ihm vor (z. B. auf dem sandigen Abhang der Küste). Für die übrigen Holzgewächse des Gebietes ist das Alter des einzelnen Stammes nicht von so durchgreifender Bedeutung. Mehrere unter ihnen propagiren sich reichlich durch Lohden aus der unter der Bodenoberfläche verborgenen Stammbasis oder aus dem weitverbreiteten Wurzelsystem. So verhalten sich die meisten Laubhölzer: die Birke, die Erle, die Eberesche, die Espe, die Weiden, Lonicera coerulea, Ribes rubrum. Auch durch Bewurzelung der längs der Bodenoberfläche kriechenden Zweige können viele Holzgewächse sich eine fast unbegrenzte Lebensdauer sichern, trotzdem dass der Stamm in seinem Basalende relativ schnell abstirbt. Eine mehr oder weniger reichliche Ausbildung von starken Adventivwurzeln kommt bei Betula odorata und Betula nana, Dryas, Arctostaphylos alpina und A. uva ursi, Empetrum, Andromeda polifolia und A. hypnoides, bei allen Zwergweiden, endlich auch bei der Fichte vor. Auch Loiseleuria und Phyllodoce entwickeln Adventivwurzeln, oft in reichlicher Menge, aber öfters sind diese zu schwach, um die entsprechenden Zweige selbstständig befestigen und ernähren zu können.

Bestimmungen des Alters und des Holzansatzes der nordischen Zwergsträucher sind bis jetzt sehr wenige gemacht worden. Eine gewisse Anzahl von hieher gehörigen Specialfällen werden deswegen nun vom Verf. nach seinen eigenen Untersuchungen mitgetheilt, wobei bei reichlichem Material die Verhältnisse bei den Bäumen und eigentlichen Sträuchern hinsichtlich sowohl Alter als Stammhöhe und Stammdiameter berechnet werden, worüber aber beim Verf. selbst nachzusehen ist; nur Einzelnes davon möge hier mitgetheilt werden. Pinus silvestris: die alten Bäume bei Umjock (über 68^0 lat.) sind nach sehr mässiger Berechnung über 600 Jahre, wahrscheinlich aber noch älter. Abies excelsa: hinsichtlich der Lebensdauer des Individuums können wir zwei, natürlich nicht scharf von einander verschiedene, Typen der Fichte unterscheiden. Auf nassem Boden bei Imandra, Lowosersk etc. entwickelt sich die Form mit hoher, cylindrischer (säulenförmiger) Krone; obgleich diese

oft bis in die Nähe der Bodenoberfläche hinabreicht, kommt hier im dichten Halbdunkel des Nadelwerkes relativ selten und nie in ausgedehntem Maasse eine Bewurzelung der unteren Zweige zu Stande. Mit dem Umstürzen oder Absterben des alten Stammes wird auch desshalb das Leben desselben beendigt. Ganz anders ist es in den lichten Beständen in der unmittelbaren Nähe der Fichtengrenze (Lejjawr, Jeljok etc.); hier ist es fast Regel, dass eine Verjüngung des Baumes aus den untersten bewurzelten Zweigspitzen zu Stande kommt. Die genaue Bestimmung des Alters der Fichtenstämme ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da das Kernholz schon relativ früh durch Fäulniss zerstört wird; dass aber die Fichte, hinsichtlich der Dauer des Stammes, der Kiefer nicht nachsteht, geht aus einigen Beispielen hervor. Der in Tafel 9 photographirte Baum hatte 1 m vom Boden einen Durchmesser von 32 cm ohne Rinde. Der Hohlcylinder des Holzes war 4,5 cm dick und zählte 230 Jahresringe. Wollte man einen gleichförmigen Zuwachs annehmen, so dürfte das Alter des Hauptstammes auf mehr als 800 Jahre geschätzt werden; bei Annahme einer achtzigjährigen Periode mit zwei- bis dreifach stärkerem Wachsthum bleibt ihm doch ein Alter von etwa 700 Jahren. Nach Wegräumen des Schnees wurde konstatirt, dass die kleineren Bäume, welche den Hauptstamm ringförmig umgeben, den wurzelnden Zweigen desselben entsprossen sind. Die mehr als 80 cm im Diameter messenden Riesenstämme, die man bisweilen in der Nähe der Waldgrenze (z. B. bei Lejjawr) findet, haben sicherlich ein entsprechend höheres Alter erreicht. — Juniperus communis: die früher beschriebenen tischförmigen Wachholderbäumchen erreichen, wenn sie ungestört wachsen, ein Alter, das nach Jahrhunderten zählt. Sie sind meistens bedeutend kernfaul und tief gefurcht, was davon herrührt, dass bald hie bald da schmale Längsstreifen der Cambialzone aus dem Verf. unbekannten Ursachen absterben. Sehr oft zerfallen daher Stammsectionen in Bruchstücke.

Betula odorata. Das Alter der Birkensträucher an der Waldgrenze dürfte kaum jemals annähernd richtig bestimmt werden können. Aus derselben Wurzel wachsen mehrere Stämme hervor, und obgleich diese kein hohes Alter zu erreichen scheinen, hat doch der Strauch jedenfalls eine viel längere Dauer, denn neue Sprossen ersetzen allmählich die absterbenden alten. Die Stämme wachsen öfters aus einem kleinen Hügel hervor, der mit Moosen und Flechten bewachsen ist und aus vermoderten organischen Resten besteht; seine Existenz deutet auch auf ein hohes Alter des betreffenden Strauches hin.

Populus tremula. Längs der Küsten-Tundra geht die Espe weit über die Baumgrenze hinaus. Jedoch findet man sie schon in der oberen Waldregion nur als niedrigen Strauch, der sich im Winter unter der Schneedecke verbirgt. Als Baum ist sie also viel empfindlicher als die Birke, während dass die zwerghaften Wurzelschösslinge kaum weniger hartwüchsig sind als diese. Bei Woroninsk (nahe $68^1/_2{}^0$ lat.) wachsen hie und da auf den frischen Uferwällen Espenbestände, welche bisweilen kleine Dickichte von 6—8 dm Höhe bilden, einige Stämme werden sogar 10—12 dm hoch; in anderen Fällen sind die Reiser nur 2—3 dm hoch und sehr spärlich. Die oberen Theile der Sprossen erreichen ein Alter von nur wenigen Jahren, aber die absterbenden Partien werden durch neue Sprossbildung aus der Stammbasis ersetzt; diese letztere wird meistens nur bis 14 mm in Diameter und 20—25 Jahre alt. In den Gebirgen findet man 2—3 dm hohe Espen in gleicher Höhe mit den letzten mannshohen Birken. Auf den kahlen Ufergehängen bei Orlow wachsen ähnliche Espen in ganz ungeschützter Lage; Alter 10—12 Jahre. Bei Hapajow wurde die

Espe bis 4 dm hoch, bei Ponoj 2—4 dm, bei Sosnowets 2—3 dm, höchstens 5 dm hoch. Diese Krüppel sind immer ganz steril und die Bestände erhalten sich nur vermittelst reichlicher Reproduktion von Wurzelreisern aus dem weit umherkriechenden, stark verzweigten Wurzelsystem.

Salix rotundifolia. An den trockensten, windoffenen Plateaus, an Oertlichkeiten, wo der Boden auf weite Strecken hin entblösst ist, findet dieser Zwergstrauch noch die Bedingungen seiner Existenz. Die mächtige Pfahlwurzel senkrecht in das lehmige Geröll hinabsendend, wird er hiedurch hinreichend befestigt und verbreitet seine lange, kriechende Aeste der Bodenfläche entlang. Die biegsamen Aeste haben in solcher ungeschützter Lage oft nur eine kurze Lebensdauer, indem sie unter dem Einflusse des Windes grösstentheils vertrocknen und abreissen; nur die Basis bleibt lebendig und producirt immer neue Zweiglein, die bald wieder demselben Schicksale anheimfallen. Durch wiederholtes Hervorsprossen und Absterben der Aeste entsteht allmählich ein unregelmässig gerundetes, bis faustgrosses Stammgebilde, das, meistens von Trockenfäulniss angegriffen und von einer weissglänzenden Lecanora-Kruste überwachsen, einen ganz absonderlichen Eindruck macht. Sein Alter direkt zu bestimmen ist, wegen der scharf und unregelmässig gebogenen Holzfasern, nicht thunlich. Wie aus der Wurzel ersichtlich ist, beträgt er oft mehrere Decennien.

Ribes rubrum. Auf den frischen Uferwällen bei Lowosersk und Woroninsk kommen meterhohe Sträucher allgemein vor. In einigen Fällen entsprossten zwei in einiger Entfernung von fast 1 m stehende Sträucher demselben Wurzelsystem und standen noch in organischer Verbindung mit einander. Wahrscheinlich gehört eine ganze Gruppe von Sträuchern öfters einem gemeinsamen, aus derselben Keimpflanze hervorgegangenen, Wurzelsystem an.

Sorbus aucuparia. Wird bei Woroninsk im Birkenwalde circa 4 m hoch, in offener Lage meistens nur meterhoch und spärlich blühend. Auch dieser Baum vermehrt sich vielfach durch Wurzelschösslinge in ziemlicher Entfernung vom Mutterstamme. Im Walde nördlich vom Dorfe fand Verf. eine Reihe von sechs Sträuchern, welche aus einer circa 4 cm dicken, horizontal laufenden Wurzel entsprossen waren; der Abstand zwischen den Endgliedern der Reihe war 32 dm. Der älteste der Stämme war 38 Jahre alt, 4 m hoch und 46 mm in Diameter. Vermuthlich kann das Wurzelsystem sich noch auf viel grössere Distanzen verbreiten, was aus der reihenförmigen Anordnung einiger Sorbusbestände am Woronje-Fluss hervorzugehen scheint.

Lonicera coerulea. Auf feuchten, sandigen Uferwällen bei Lowosersk und Woroninsk erreichen die Sträucher eine Höhe von 4—5 dm; bei Lowosersk sah Verf. einmal einen Stamm von 7 dm Höhe. Auch dieser Strauch verjüngt sich regelmässig durch Wurzelschösslinge, die entfernt vom Mutterstamm entstehen. Bei Woroninsk standen 7 Sträucher in einer Linie; die unterirdische Verbindung derselben war grösstentheils noch beibehalten. Die Lebensdauer der Stämme scheint keine erhebliche zu sein.

VIII. Samenbildung der drei wichtigsten Waldbäume (Fichte, Kiefer, Birke). Von diesem Kapitel ist ein Auszug nicht gut möglich.

IX. Die nordskandinavischen Waldregionen. Wenn wir die Verbreitung der Waldregionen in Russisch-Lappland mit den Verhältnissen in Skandinavien, wie sie von Wahlenberg u. a. dargestellt sind, vergleichen, so fällt vor allem die kümmerliche Ausbildung der Kieferregion in unserem Gebiete in die Augen. Allerdings wird sie hier nicht, wie man früher glaubte, gänzlich vermisst, aber die von

ihr bedeckten Gebiete sind zu klein und zu vereinzelt, um als etwas anderes als locale Abweichungen bezeichnet werden zu können, während im westlichen Lappland in der Richtung von Süden nach Norden oder mit zunehmender Meereshöhe deutlich nach einander folgen: 1. Fichtenregion, 2. Kieferregion, 3. Birkenregion. Es ist dies die Regioneneintheilung Wahlenberg's, gegen welche sich bis heute keine principiellen Einwände erhoben haben.

Betrachten wir die geographische Ausbreitung der skandinavischen Kieferregion, so finden wir leicht, dass sie, obgleich sehr allgemein, doch keineswegs eine konstante Erscheinung ist. In zahlreichen Fällen finden sich Fichten ebenso hoch oder sogar höher auf den Gehängen der Fjelde und es gibt sogar grosse Gebiete, wo die alpine Region gut entwickelt ist und dennoch die Kieferregion gänzlich fehlt. — In Norwegen liegt die obere Grenze der Kiefer durchschnittlich etwa 94 m höher als die der Fichte, aber in den östlichen Theilen des Landes (z. B. in Trysil) geht diese öfters höher als jene (ähnliches kommt auch an mehreren Orten im westlichen Theile vor). In Aosele Lappmark, nördlich von Kultsjön (etwa 65⁰ lat.), geht im Thale des Woim - Flusses die Fichte höher aufwärts als die Kiefer. In Kwikjok steigt die Fichte längs den Gebirgslehnen höher als die Kiefer. — In den südlichen Theilen von Finnisch-Lappland finden sich nur vereinzelte Gebirgshöhen, deren gerundete, mit trockenem Kies- und Schuttboden bedeckte Gipfel sich über die Baumgrenze erheben (wie es schon in dem ausgedehnten Kirchspiel Kuusamo, um 66⁰ lat., der Fall ist). Die unteren Gehänge derselben sind fast immer mit Fichtenwald bewachsen, und dieser Baum bildet überhaupt auch die obere Waldgrenze. Wo der Abhang weniger steil ist, findet sich oberhalb der Fichtengrenze dichter, aber niedriger Birkenwald. Im genannten Kirchspiel und im südlichen Kuolajärwi sind regelmässig auch kleinere Niveaudifferenzen bestimmend für die Vertheilung und Zusammensetzung der Nadelholzwälder; die Gehänge und Kuppen der Waldhöhen sind durchgehend mit Fichten bewachsen, während die Kiefer nur in den Thalsohlen und längs den Seeufern eine grössere Rolle spielt. Auch die isolirten „Tunturit“ (Tundrahöhen) zwischen Unasjoki und Muoniojoki (67—68⁰ lat.) haben keine Kieferregion; die Fichten und die Kiefer steigen in den Gebirgen gleich hoch, und bisweilen verlässt man beim Aufsteigen zuerst die eine, zuerst die andere Baumart. Dasselbe scheint auch auf Pallastunturit (68⁰ 5′ lat.) der Fall zu sein.

Der Verbreitung und Häufigkeit der Fichte wird in südlicheren Theilen des nordischen Waldgebietes wohl durch keine Macht in so hohem Grade entgegen gearbeitet, als durch die Waldbrände. Diese waren in Nord-Skandinavien bisher so häufig, dass man mit ihnen als mit einem constanten, die Physiognomie der Landschaft beeinflussenden Factor rechnen muss. Da sie nun nachweislich intensiv und zahlreich genug waren, um die Kiefer aus ganzen Gegenden zu verdrängen, wo sie früher reichlich vorhanden war, und da die Fichte infolge ihrer dünnen Borke und flachen Wurzelbildung in viel höherem Grade als die Kiefer vom Feuer gefährdet ist, so scheint die Annahme wohlbegründet, dass die geographische Verbreitung der Fichte durch die genannte Ursache in Lappland viel grössere Einschränkungen erlitten haben muss als die der Kiefer. Die gegenwärtige Grenze der Fichtenregion in Inari und in Schwedisch Norrland wäre demnach eine durch die historischen Ergebnisse geschaffene Linie, aber keine Vegetationslinie in demselben Sinne als z. B. die Grenze der Buche, der Eiche oder der Birke. Die Waldbrände haben sie hier an den meisten Orten hinter ihrer natürlichen Grenze zurückgedrängt und locale Kiefergegenden von wechselnder, oft ansehnlicher Ausdehnung geschaffen, ähnlich wie solche auch weiter süd-

lich, nur nicht so prägnant, vorkommen. Die Kiefer ist in Skandinavien, gerade so wie in Sibirien und Mitteleuropa, im Vergleich mit der Fichte, ein Baum der Ebene, und in der skandinavischen Kieferregion sieht Verf. eine zwar öfters scharf begrenzte physiognomische Einheit, aber keine durch specifische klimatische Eigenthümlichkeiten charakterisirte Region. Sie ist als integrirender Theil der Fichtenregion, also wenn man will, als Fichtenregion ohne Fichten zu bezeichnen. Dass die Plastik und physikalische Beschaffenheit des Bodens nicht ohne erheblichen Einfluss sein können, liegt auf der Hand, aber es wäre wohl verfrüht, behaupten zu wollen, dass solche Umstände allein für sich hinreichend wären, um die Fichte von einem grösferen Gebiet vollständig auszuschliesen.

Die Birkenregion in Lappland möchte Verf. als eine klimatisch individualisirte Einheit betrachten, wo die Fichte aller Wahrscheinlichkeit nach noch wachsen kann, aber wo sie nicht mehr fähig ist, sich durch Samenerzeugung zu verbreiten und dadurch ihre Existenz auf die Dauer zu sichern. Als endliches Resultat seiner eingehenden Besprechung der nordskandinavischen Waldregion hebt Verf. die Eintheilung des lappländischen Waldgebietes in zwei ungleich grosse Regionen, die Region der Nadelhölzer und die Region der Birke, hervor. Die Ausdehnung der Nadelholzregion wird von der generativen Grenzlinie der Fichte bestimmt; aus zahlreichen Gegenden ist aber die Fichte vorläufig verdrängt, und diese zeichnen sich jetzt durch das Vorherrschen der Kiefer habituell aus. Der Birkenregion sind wahrscheinlich Theile des äussersten mit Nadelholz bewachsenen Landes klimatisch zuzurechnen.

Beilagen: a) Thermometerbeobachtungen in Woroninsk Ende Juni und Anfang Juli 1887. b) Erklärung der Tafeln. c) Litteraturverzeichniss.

C. F. Nyman.

Eingegangene Litteratur.

Baur, W., Alphabetisches Verzeichniss nebst Standortsangaben der von Jack, Leiner und Stizenberger herausgegebenen 10 Centurien Kryptogamen Badens. Freiburg i. B. 1891.

v. Beck, Die Wasserpest (Elodea canadensis) in Oesterreich-Ungarn. Mittheilungen der Sektion für Naturkunde des österr. Touristen-Club. III. Jahrgang, Nr. 9.

Berichte der Bayerischen Bot. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. München 1891. Selbstverlag der Gesellschaft.

Boerlage, Handleiding tot de kennis der Flora van Nederlandsch Indië. Tweede Deel: Dicotyledones Gamopetalae. Eerste Stuk: Inferae. — Heteromerae. Leiden, E. J. Brill. 1891.

Botanical Magazine. Vol. V, Nr. 51, May 1891, Vol. V, Nr. 53, July 1891, Vol. V, Nr. 55, Sept. 1891. Tokyo, Japan.

Campbell, Contributions to the life-history of Isoetes. Annals of Botany, Vol. V, Nr. XIX.

Celakowsky, Ueber die Verwandtschaft von Thypha und Sparganium. S.-A. aus Oesterr. bot. Zeitschrift. Jahrg. 1891. Nr. 4.

Chodat, Monographia Polygalacearum. Première partie, avec 12 planches. Mémoires de la société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Vol. suppl. 1890. Nr. 7.

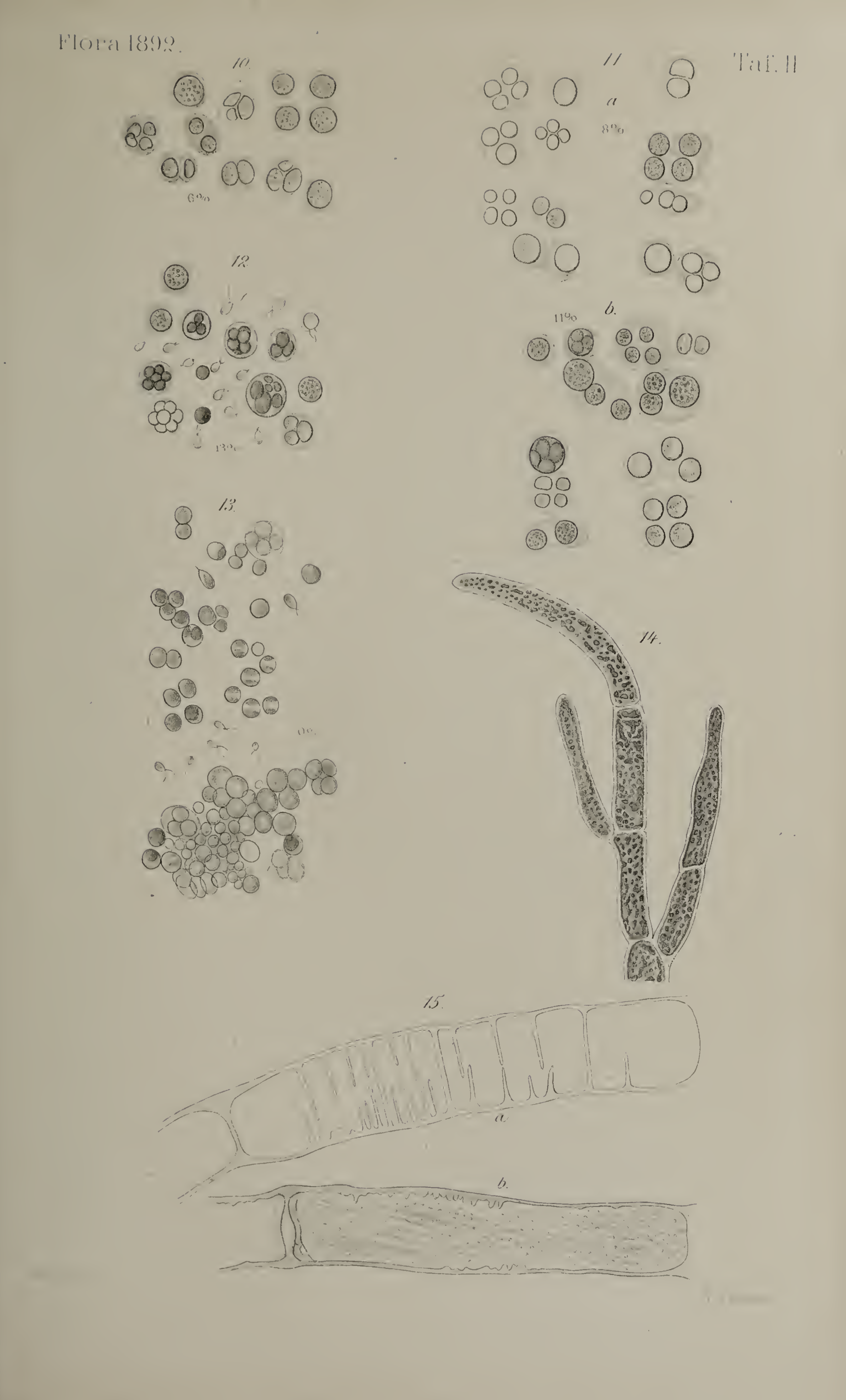
Correns, Zur Kenntniss der inneren Structur der vegetabilischen Zellmembranen. S.-A. aus Pringsheims Jahrb. Bd. XXIII. 1891.

Dalmer, Ueber stärkereiche Chlorophyllkörper im Wassergewebe der Laubmoose. S.-A. aus „Flora oder allg. bot. Zeitung". 1891. Heft 4.

Darwin Fr., On growth curvatures in plants. Address to the biological section of the British association. 1891.

Delpino, Sulla impollinazione dell' Arum Dracunculus. Genova 1890.
— — Contribuzione alla teoria della pseudanzia. (Malpighia vol. IV).
— — Fiori monocentrici e policentrici (Malpighia vol. III).
— — Applicazione di nuovi criterii per la classificatione delle piante; terzia memoria. id. Quarta memoria.
Eckstein, Pflanzengallen und Gallenthiere. Leipzig, 1891. Verlag von Richard Freese.
Famintzin, Beitrag zur Symbiose von Algen und Thieren. S.-A. aus „Arbeiten aus dem bot. Laboratorium der Kais. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. Bd. XXXVIII, Nr. 4.
Goroschankin, Beiträge zur Kenntniss der Morphologie und Systematik der Chlamydomonaden. II. Chlamydomonas Reinhardi (Dangeard) und seine Verwandten. Extrait du Bulletin de la Société Impér. des Naturalistes de Moscou, Nr. I, 1891.
Janse, Het voorkomen van Bacterien in Suikerriet. Mededeelingen uit 'S Lands Plantentuin.
Jönsson, Om bräunfläckar på växtblad. Afdrag af Botaniska Notiser 1891.
— — Beiträge zur Kenntniss des Dickenzuwachses der Rhodophyceen. Lunds Univ. Årskrift. Tom. XXVII.
Jost, Ueber Dickenwachsthum und Jahresringbildung. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1891, Nr. 30—38.
Juel, De floribus Veronicarum (Studier öfver Veronica-blommen). S.-A. a. Acta horti Bergiani. Bd. I.
Keller R., Beiträge zur schweizerischen Phanerogamenflora. S.-A. aus Bot. Centralblatt, Nr. 3, 1891.
Klein, Ueber Bildungsabweichungen an Blättern. Bot. Centralblatt 1891. Nr. 35.
Koch, Alfred, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gährungs-Organismen. I. Jahrgang 1890. Verlag von Harald Bruhn, Braunschweig.
Kuntze, O., Revisio generum plantarum vascularium omnium atque cellularium nonnularum secundum leges nomenclaturae internationalis cum enumeratione plantarum extricarum in itinere mundi collectarum. Pars I et II, 1891.
Le Jolis, Quelques notes à propos des „Plantae Europeae“ de M. K. Richter. Extr. des Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. T. XXVII, 1891.
Loew, Ueber das Verhalten der Azoimids zu lebenden Organismen. Aus dem Ber. der deutschen chem. Gesellschaft. XXIV. Jahrgang. Heft 15.
— — Die chemischen Verhältnisse des Bacterienlebens. S.-A. aus dem Centralbatt für Bacteriologie und Parasitenkunde. IX. Bd. 1891.
Luerssen, Ueber seltene und neue Farnpflanzen sowie über Frostformen von Aspidium Filix mas aus West- und Ostpreussen. Vorläufige Mittheilung. Aus den Schriften d. physik. ökon. Ges. Bd. XXXII, 1891.
Mann, Development of the Macrosporangium of Myosurus minimus, Linn. Part II. Reprinted from the Transactions and Proceedings of the Botanical Society.
Mäule, Ueber die Fruchtanlage bei Physcia pulverulenta (Schreb). Nyl. S.-A. aus den Berichten der Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrgang 1891, Bd. IX, Heft 7.
Mix, On a Kephir-like yeast found in thed United States. Reprinted from the Proceedings of the American Academy oft Arts and Sciences. Vol. XXVI.
Möbius, Conspectus algarum endophytarum. S-A. aus La Notarisia. Vol VI, Nr. 24, 25 und 26.
Moeller, Ueber eine neue Methode der Sporenfärbung. S.-A. aus dem Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde. X. Bd. 1891. Nr. 9.
Müller und Pilling, Deutsche Schulflora zum Gebrauch für die Schule und zum Selbstunterricht. I. Teil. 1. Lief. Verlag von Th. Hofmann, Gera.
Nilsson, Ueber die afrikanischen Arten der Gattung Xyris. Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens-Förhandlingar 1891. Nr. 3. Stockholm.
Radlkofer, Ueber die Gliederung der Familie der Sapindaceen. Aus den Sitzungsberichten der math.-physik. Classe der k. bayer. Akad. d. Wiss. 1890, Bd. XX, Heft 1.
Richter, Paul, Die Bromeliaceen vergleichend anatomisch betrachtet. Inauguraldissertation. Lübben, Commissionsverlag von F. Winkler.
Ronte, Beiträge zur Kenntniss der Blüthengestaltung einiger Tropenpflanzen. Inauguraldissertation. S.-A. aus „Flora oder allg. bot. Zeitung“. 1891, Heft 4.

Roesing, Untersuchungen über die Oxydation von Eisweiss in Gegenwart von Schwefel. Inauguraldissertation. Rostock 1891.
Rothpletz, Fossile Kalkalgen aus den Familien der Codiaceen und der Corallineen. S.-A. aus der Zeitschrift der Deutschen geol. Gesellschaft. Bd. XLIII, Heft 2.
Sadebeck, Die tropischen Nutzpflanzen Ostafrikas, ihre Anzucht und ihr event. Plantagenbetrieb. Aus dem Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten. IX. 1891.
Schilberszky, Egy Azsiai Steppenövénynek (Eurotia Ceratoides C. A. Meyer) Európai Vándorútjáról. Különlenyomat a „Földrajzi Közlemények" 1891 évi V—VI füzetéböl.
Schilling, Untersuchungen über die thierische Lebensweise einiger Peridineen. S.-A. aus den Berichten der Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrgang 1891, Bd. IX, Heft 7.
Schimper, Ueber Schutzmittel des Laubes gegen Transspiration, besonders in der Flora Java's. Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften. XL.
Schumann, K., Rubiaceae. S.-A. aus Natürl. Pflanzenfam. IV. 4.
Schwarz, Frank, Forstliche Botanik mit 436 Textabbildungen und 2 Lichtdrucktafeln. Berlin, Verlag von Carl Parey. 1892.
Scott, On Internal Phloëm in the Root and Stem of Dicotyledons. Aus „Annals of Botany". Vol. V, Nr. XIX, Aug. 1891.
Setchell, Concerning the life-history of Saccorhiza Dermatodea (De la Pyl.) J. Ag. Reprinted from the Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. XXVI.
Strasburger, Das Protoplasma und die Reizbarkeit. Rede zum Antritt des Rektorates der Rhein. Friedrich-Wilhelm-Universität am 18. Okt. 1891. Verlag von G. Fischer, Jena.
Treub, Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. Extrait des Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. Vol. X, pag. 145—231.
Warming, Familien Podostemaceae. Afhandling IV. Vidensk. Selsk. Skrifter 6. Raekke, Kjobenhavn 1891.
Weismann, A., Amphimixis oder die Vermischung der Individuen. Jena 1891. Verlag von G. Fischer.
Wettstein, Untersuchungen über die Section „Laburnum" der Gattung Cytisus. S.-A. aus Oesterr. bot. Zeitschrift. Jahrgang 1890 und 1891.
— — Auchusa Barrelieri De Candolle. Myosotis suaveolens W. et Kit. S.-A. aus den Sitzungsberichten der k. k. zoolog. bot. Ges. in Wien. Bd. XLI. 3. Juni 1891.
— — Der Bernstein und die Bernsteinbäume. Aus: Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien. XXXI. Jahrgang. Heft 10.
— — Berichte über die floristische Durchforschung von Oesterreich-Ungarn. Steiermark 3. S.-A. aus der Oesterr. bot. Zeitschrift. Jahrgang 1891. Nr. 10.
Wieler, Ueber die Beziehung des Holzes zur Wasserversorgung der Pflanze. S.-A. aus der Allg. Forst- und Jagd-Zeitung. August 1891.
— — Ueber die Beziehung zwischen Wurzel- und Stammholz. S.-A. aus dem Tharander forstl. Jahrbuch, 1891, 41. Bd. Heft II.
Wittrock, De Filicibus observationes biologica. Acta horti Bergiani. Bd. I, Nr. 8.
— — Om planen för Bergielnnds Botaniska Trädgård samt om Trädgårdens Tillstånd 1891. Ur Acta horti Bergiani. Bd. I. Nr. 2.
— — Linaria Reverchonii nov. spec. dess Morfologi och Lefnadshistoria. Ur Acta horti Bergiani. Bd. I. Nr. 4.
— — Catalogus plantarum perennium bienniumque in Horto Botanico Bergianio annis 1890 et 1891 sub dio cultarum adjectis adnotationibus botanicis nonnulis. Ur Acta horti Bergiani. Bd. I. Nr. 3.
— — et Otto Nordstedt, Algae aquae dulcis exsiccatae praecique Scandinavicae quas adjectis Algis marinis Chlorophyllaceis et Phycochromaceis.
Zacharias, Ueber das Wachsthum der Zellhaut bei Wurzelhaaren. S.-A. aus „Flora" 1891. Heft. 4.
— — Ueber Valerian Deinega's Schrift „Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der Phycochromaceen. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1891. Nr. 40.


10.
6%
11
a
8%
b.
11%
12.
13%
13.
14.
15.
a.
b.



Gomorrhachis marginata Taub

Physiologische Notizen

von

Julius Sachs.

III.

Wurzelstudien.[1])

Die Untersuchungen, von denen ich hier eine vorläufige Mittheilung gebe, sind noch lange nicht abgeschlossen. Wenn ich es trotzdem wage, schon jetzt einen Theil derselben zu veröffentlichen, so geschieht es, weil ich bereits seit Jahren daran gearbeitet habe und weil noch Jahre erforderlich sind, bis ein befriedigendes Ergebniss erlangt werden kann; jede der zu beschreibenden Versuchsreihen erfordert eben mindestens eine Vegetationsperiode, für die interessanteren Fälle: die Holzpflanzen aber einige Jahre. Auch möchte ich hier die Bemerkung nicht unterdrücken, dass die wissenschaftlich botanische Litteratur auffallend arm ist an sorgfältigen biologischen Untersuchungen der Wurzeln von normalen Landpflanzen, um die es sich hier allein handelt.

Wer mit dem Betrieb von Gewächshäusern, besonders in einem botanischen Garten zu thun hat, dem ist bekannt, was man unter dem „Wurzelfilz" in den Pflanzentöpfen versteht, der besonders dann in seiner vollen, oft überraschenden Ausbildung hervortritt, wenn die Pflanzen einige Jahre lang in demselben Topf gewachsen sind, ohne versetzt zu werden, aber auch schon nach 2—4 monatlichem Wachsthum bei rasch wachsenden Arten oft zu sehen ist.

---

1) Unter demselben Titel veröffentlichte ich 1859 im 1. Bd. der Zeitschrift: „Die landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen" S. 1—31 eine Reihe von Beobachtungen über die biologischen Erscheinungen an Wurzeln. Ausserdem ibidem „Ueber den Einfluss der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens" (S. 203—240). — An diese Aufsätze schliessen sich an: „Erziehung von Landpfl. in Wasser bot. Zeitg. 1860 Nr. 13 und: „Auflösung des Marmors durch Maiswurzeln", ebenda, so wie auch das in meinem Handbuch der Experimentalphysiologie 1865 S. 188 bis 192 Gesagte.

Wird der Topf in umgekehrter Stellung mit einem kräftigen Stoss an seinen Rand seines Inhaltes entleert, so erblickt man einen dichten Filz von lebenden, meist weissen oder doch hell gefärbten Wurzelfäden, aber so zusammengedrängt, dass der Filz etwa einem sehr dicht geflochtenen Korbe gleicht; fasst man den Stamm der Pflanze, so kann man den gesammten „Wurzelballen", ohne dass er zerreisst und ohne dass ein Erdkörnchen herausfällt, emporheben; diese Erscheinung ist so auffallend und lehrreich, dass ich sie oft in meinem Colleg über Experimentalphysiologie demonstrirt habe. — Es ist vielleicht einem oder dem anderen Leser erwünscht, eine Reihe besonders ausgezeichneter Beispiele kennen zu lernen; natürlich ist aber bei den hier angeführten Species zu beachten, dass die fragliche Erscheinung um so kräftiger hervortritt, je älter die Exemplare sind und je längere Zeit seit dem letzten „Umsetzen" verstrichen ist.

Ich nenne zunächst: von Farnen die Pteris serrulata, verschiedene grosse Polypodien und Aspidien; von Monocotylen: verschiedene Palmen, besonders Phoenixarten, ferner Dracaena Draco und andere Dracaenen, auch Yucca; von holzigen Dicotylen: Azaleen, Albizzia lophantha, Callistemon-Arten, Coprosma lucida, Eryobotrya japonica, Eucalyptus globulus, Evonymus sp., Gnidia carinata, Ferdinandea eminens, Hebeclinium megalophyllum, Montanoa grandiflora, Nicotiana wigandioides, Sempervivum verschiedene grosse Arten, Urera caracassaua u. s. w.

Von krautigen Pflanzen, die ich seit langen Jahren zu physiologischen und biologischen Beobachtungen cultivire, seien genannt: Phaseolus multiflorus, Dioscorea Basatas, Nicotiana Tabacum und rustica, Cucurbita maxima, Helianthus annuus, Zea Mais. Ich zweifle übrigens nicht, dass der „Wurzelfilz" in allen Fällen zum Vorschein kommt, wo die Pflanzen überhaupt Neigung zu kräftiger und dauernder Wurzelbildung haben, was z. B. bei Frisillaria imperalis und manchen anderen Zwiebelpflanzen allerdings nicht der Fall ist.

Nähere Besichtigung des „Wurzelfilzes" zeigt nun, namentlich wenn die Wurzelfäden eine beträchtliche Dicke — etwa von 2—5 mm — haben, dass diese auf der der Topfwand anliegenden Aussenseite oft flach gedrückt sind, so dass der Querschnitt nicht kreisrund ist, was besonders bei den dem Boden des Topfes festangedrückten Wurzelfäden sehr auffällt, offenbar weil hier der Druck, den das geotropische Abwärtsstreben erzeugt, die Sache begünstigt, während an den aufrechten Seitenwänden des Topfes nur der durch das Längenwachsthum gegebene Vorstoss in Betracht kommt, von dem aber nur eine mehr oder minder unbeträchtliche Componente sich als Druck geltend

machen kann. Die zuweilen auftretenden Anschwellungen und Verdünnungen solcher Wurzelfäden sind offenbar nur die Wirkung des periodischen Begiessens der Pflanzen; in meinen Abhandlungen „Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln“ (Arb. des bot. Inst. Bd. I 1873 u. 1874) habe ich schon erwähnt, dass in feuchter Luft wachsende Wurzeln von Landpflanzen, wenn man sie ab und zu mit Brunnenwasser benetzt, dieselbe Erscheinung zeigen.

Sucht man aus dem Filz, wenn er aus dicken Wurzelfäden besteht, einzelne derselben heraus, so dass man den Vegetationspunkt mit bekommt, und wickelt sie vorsichtig aus dem Gewirr heraus, so erkennt man, dass sie oft eine beträchtliche Länge haben: bei Palmen, Dracaenen, Dioscoren u. a. habe ich nicht selten solche Fäden von 2—4 mm Dicke auf eine Länge von 2—3 m herauspräparirt und selbstverständlich sitzen an ihnen zahlreiche dünnere Seitenwurzeln, die oft ebenfalls beträchtliche Längen erreichen. Besondere Erwähnung verdienen in dieser Beziehung die sehr dünnen, aber einige Meter langen Wurzelfäden von Thladiantha dubia, die hie und da zu dicken, kartoffelähnlichen Knollen mit Knospen anschwellen; im freien Lande veranlassen sie die auffallend rasche und weitausgreifende unterirdische Wanderung dieser Pflanze; im Topf umkreisen solche Wurzelfäden den Umfang 4—6 Mal.

Diese langen Wurzelfaden sind nun nicht etwa ganz unregelmässig hin und her gewunden, sondern meist verfolgen sie eine schraubenlinige Bahn, fast horizontal der aufrechten Topfwand dicht angeschmiegt und von anderen ähnlich verlaufenden Fäden dicht umgeben, während die dünneren Seitenwurzeln mehr auf- und absteigend, dem ganzen Filz einen festeren Halt geben. Die horizontale oder schief absteigende Windung der dicken Fäden, sowie die auf- und absteigende Richtung ihrer Seitenwurzeln entspringt aus dem specifischen Geotropismus, der die Nebenwurzeln erster, zweiter und höherer Ordnung beherrscht und ihren von mir (in der zuletzt erwähnten Abhandlung) constatirten „Eigenwinkel“ bestimmt.

Bei Pflanzen, deren Wurzelfäden mit zunehmender Verzweigung sehr dünn werden, nicht selten die Feinheit eines sehr dünnen Menschenhaares erreichen, was besonders bei manchen „wüchsigen“ Dicotylen vorkommt, nimmt der „Wurzelfilz“ ein anderes Aussehen an: er bildet, gehörig ausgewachsen, eine papierdünne Schicht oder Auskleidung der Innenseite des Topfes, die auch das Aussehen eines feinfaserigen Papiers annehmen kann. Schöne Beispiele dieser Art

von feinem, papierähnlichem Wurzelfilz liefern zuweilen Nicotiana rustica, Helianthus annuus, auch Beta vulgaris.

Das physiologisch und biologisch Interessante des Wurzelfilzes liegt nun in der Art, wie er zu Stande kommt und zweitens in seiner Rückwirkung auf das Gedeihen der Pflanzen bei der Topfkultur.

Beides lässt sich theoretisch, wenigstens in der Hauptsache, durchschauen, wenn man mit dem Wachsthum, der Verzweigung und den geotropischen Eigenschaften der Wurzeln einigermaassen vertraut ist und Beides lässt sich aus der Besichtigung des Erdballens, der von dem dünnen Wurzelfilz fest umschlossen und zusammengehalten wird, verstehen.

Betrachtet man diesen Erdballen, nachdem man den Filz wie eine Schale abgenommen hat, was am besten bei ziemlich trockenem Zustand der Topferde geschieht, so überrascht (in den typischen Fällen) die geringe Zahl der die Topferde durchziehenden Wurzelfäden, die vorwiegend horizontal oder schief abwärts aus der Hauptwurzel oder dem „Wurzelstock“ ausstrahlen, um in den Wurzelfilz einzutreten und an seiner Erzeugung theilzunehmen. Es bedarf nur geringer Ueberlegung, das ganze Verhalten zu verstehen: wäre die Pflanze im freien Land eingewurzelt, so würde die Hauptwurzel oder der sie vertretende „Wurzelstock“ 20—50 cm tief hinabsteigen, die daraus entspringenden Nebenwurzeln würden je nach der Art und dem Alter der Pflanze 30—100, selbst hin und wieder 200—300 cm weit horizontal oder schief hinausstrahlen und sich verzweigen, wobei die letzten dünnen Zweigwurzeln, des Geotropismus entbehrend, nach allen Richtungen des Raumes die Erde durchziehen müssten.

Das ist nun aber bei dem Wachsthum im Topf nicht möglich. Ein solcher von 50 cm Durchmesser (also 25 cm Radius) gehört schon zu den grössten, wenigstens wenn es sich um Gefässe von gebranntem Lehm handelt; selbst solche von 20 cm Durchmesser (also 10 cm Radius) gelten schon als gross; Töpfe von 6 cm Radius und 13—14 cm Höhe sind die gewöhnlichen und noch kleinere.

In diesen engen Räumen müssen sich die Wurzelfäden ausbreiten; wie das geschieht, kann man in Glasgefässen verschiedener Form beobachten, was ich in meinen Eingangs citirten Abhandlungen mehrfach beschrieben habe. Wurzeln, die den Trieb haben, wenn auch nur 20—50 cm weit im freien Land horizontal oder schief vom Wurzelstock hinauszuwachsen, stossen also schon, wenn sie 6—10 cm lang geworden sind, an die Wand eines gewöhnlichen Blumentopfes; trifft die Spitze senkrecht auf diese, so kann es (freilich selten) geschehen,

dass durch den Druck des 2—5 mm weit dahinter liegenden in energischer Streckung befindlichen Theils, das Gewebe des Vegetationspunktes breit gedrückt oder doch tonnenförmig aufgebauscht wird; gewöhnlich aber biegt das vordere Ende seitwärts um und wächst nun, immer der Topfwand angeschmiegt, in der vorhin beschriebenen Weise weiter, während seitliche Auszweigungen hervortreten. — Kurz die Wurzeln, anstatt sich mehr und mehr auszubreiten, drängen sich an der Topfwand immer dichter aneinander, jeder kleinste Zwischenraum wird von nachwachsenden Fäden ausgefüllt. Keine Wurzel jedoch, wenn nicht etwa ein Zufall es bewirkt, wächst rückwärts in den mittleren Raum des Topfes, wo sie Erde für ihre Verzweigungen und für ihre Haustorien (Wurzelhaare) fände. So bleibt denn der innere Erdballen zuweilen fast unbenutzt, nachdem die Enden der ausstrahlenden Nebenwurzeln an der Topfwand angelangt sind. Natürlich kann dieser Erdraum durch nachträglich aus dem Wurzelstock entspringende Adventivwurzeln noch bevölkert werden, auch aus den älteren basalen Theilen der ausgestrahlten Wurzeln können noch nachträglich adventive Zweige hervortreten, die entweder schwach oder gar nicht geotropisch, nach allen Richtungen im Erdraum hinwachsen können; aber eine so dichte Anhäufung von Wurzelfäden, wie in dem Filz an der Topfwand, findet nicht statt.

Diese Beschreibung gilt vorwiegend von den oben aufgeführten Species. Indessen findet man auch Fälle, wo das Innere des Erdballens von zahlreichen kurzen Wurzeln durchzogen ist, die die Topfwand kaum oder nur ab und zu erreichen. Von solchen Fällen ist hier aber keine Rede.

Als ich in den ersten Jahren meiner botanischen Studien noch keine Gelegenheit gehabt hatte, die hier beschriebenen Thatsachen kennen zu lernen und wahrnahm, wie kümmerlich sehr viele Species in den Töpfen der Gewächshäuser wachsen, Jahr für Jahr einige Blätter und Blüthen, selbst Früchte bilden, dabei aber selbst nach 10—15 Jahren kaum wesentlich an Grösse zunehmen, wie ich dies zumal an Olea europaea, Benthamia fragifera u. a. beobachtete, da glaubte ich, wie das wohl vielen Anderen ergangen sein mag, es käme nur darauf an, diese Pflanzen nach und nach in immer grössere Töpfe zu setzen oder sie gleich in solchen keimen zu lassen. Gärtner, die ich desshalb befragte, wussten mir nichts Besseres zu sagen, als, dass es nicht möglich sei, besonders die Holzpflanzen, wie die vom Cap und die Neuholländer, in grossen Töpfen zu cultiviren, die Erde würde leicht faulen, weil sie nicht rasch genug austrocknet und dergl.;

meine Gegenfrage, wie es denn mit den Pflanzen in grossen Kübeln, noch dazu in nicht porösen Holzkübeln zugehe und dass man ja doch nur mit dem Begiessen zu warten brauche, bis die Erde in den grösseren Töpfen ausgetrocknet sei, was ja auch bei den kleinen Töpfen geschehen müsse u. s. w.; da blieb man die Antwort schuldig. — Wenn man nun sieht, wie bei dem „Umsetzen" der Pflanzen die Wurzelfilze von den Gärtnern unbarmherzig weggerissen werden, da könnte es scheinen, als ob dies Verfahren nicht gerade sehr rationell sei, da die Pflanze nicht nur eines grossen Theils ihres organischen Materials, sondern scheinbar auch ihrer kräftigsten Nahrungsorgane beraubt wird.

Jedenfalls kann man sich aber überzeugen, dass die alte hergebrachte, aber von den Gärtnern nicht erklärte Praxis, die Pflanzen in kleinen Töpfen zu cultiviren, deren Grösse durch altes Herkommen festgestellt ist, durchaus berechtigt ist, denn das Einsetzen der Pflanzen in grössere Gefässe verhindert die Entstehung des peripherischen Wurzelfilzes nicht; dies wäre ja nach dem oben Gesagten nur dann möglich, wenn man so grosse Gefässe verwenden könnte, dass die vom Wurzelstock ausstrahlenden Wurzelfäden die Wandung nicht mehr erreichen. Dazu wären aber (z. B. bei Cucurbita maxima, Helianthus annuus u. a.) Gefässe von ungeheuren Dimensionen nöthig, an deren Verwendung gar nicht zu denken ist.

Das Gesagte wird das Zustandekommen des Wurzelfilzes und seine Unvermeidlichkeit zur Genüge erklären.

Es fragt sich jetzt, worin der durch ihn bewirkte Schaden besteht, denn dass er das Gedeihen der Pflanzen schädigt, liegt auf der Hand, wie der überaus langsame Wuchs älterer und zumal holziger Gewächse, sowie die viele Arbeit zur zeitweiligen Beseitigung des Uebels beweist. Die Beantwortung dieser Frage dürfte aber auch für die Kenntniss der Wurzelthätigkeit der im freien Land wachsenden Pflanzen nicht ohne Bedeutung sein.

Betreffs der Schädigung der Pflanze, zunächst der Wurzelthätigkeit selbst, könnte man wohl an die durch den Filz bewirkte Beeinträchtigung der Athmung denken. Es ist ja bekannt, wie wichtig die Porosität der gebrannten Töpfe für das Gedeihen der Pflanzen ist, und diese kommt gerade deshalb in Betracht, weil die Wurzeln sich vorwiegend an die Topfwand anlegen. Je dichter aber der Filz wird, desto grösser wird das Hinderniss, welches er dem Ein- und Austritt der Luft, besonders aber auch der in der Topferde entstandenen Kohlensäure, entgegenstellt. Indess möchte ich glauben, dass dieser Punkt von geringerer

Bedeutung ist, weil bei richtiger Pflege der Pflanzen ein periodisches Austrocknen und Befeuchten der Topferde stattfindet. Verdunstet das aufgegossene Wasser, so füllen sich die Erdporen mit frischer Luft, die ihrerseits auch durch die fortwährenden Temperatur- und barometrischen Schwankungen fortwährend in Bewegung, in Ein- und Austritt, also in nützlicher Erneuerung erhalten wird; bei den in grossen Holzkübeln wachsenden Holzpflanzen dürfte dies ohnehin die einzige Art der Lüftung sein. Doch soll damit die ungünstige Wirkung des dichten Wurzelfilzes auf die Athmung der Wurzeln rasch wachsender Species nicht geleugnet werden.

Für weit schädlicher halte ich aber, dass die den Filz bildenden Wurzelfäden für die Nahrungsaufnahme wenig oder nichts leisten können. Bei einem sehr dichten Filz kann selbst das auf den Topf gegossene Wasser nur schwierig zwischen die Fäden des Filzes eindringen und die Capillarverhältnisse sind dort auch nicht günstig genug, das Wasser längere Zeit festzuhalten; die in dem Wasser gelösten Nährstoffe kommen der Pflanze also nicht so zu statten, wie wenn die Wurzeln einzeln in der fein krümeligen Erde verlaufen.

Das Schlimmste in dieser Beziehung ist aber, dass der Wurzelfilz gerade die jüngeren fortwachsenden Enden der Wurzelfäden und ihre jüngeren Auszweigungen enthält. An ihnen entstehen mit fortschreitendem Längenwachsthum im normalen Fall immer neue Wurzelhaare (Haustorien), um immer wieder neue, nahrungsreiche Bodentheilchen auszunutzen; aber innerhalb des wandständigen Filzes kann dieser Vorgang nur höchst unvollkommen stattfinden, weil die Haustorien, selbst wenn sie sich in gewohnter Weise bilden (was ich jedoch noch nicht untersucht habe), nicht mit ernährenden Bodentheilchen in genügender Zahl verwachsen können; vermuthlich mögen sich manche wohl auch an die Topfwand anlegen, oder in Poren derselben eindringen, wo sie aber doch nur schwerlösliche unorganische Stoffe antreffen. Die Bedingungen der Nahrungsaufnahme durch die den Filz bildenden Wurzelfäden sind also ungünstig und dies muss zunehmen in dem Maasse, als der Wurzelfilz dichter wird.

Ist somit der Wurzelfilz für die Ernährungsthätigkeit ungünstig, so darf auch nicht übersehen werden, dass das Wachsthum desselben ein oft sehr namhaftes Quantum von organischen Baustoffen in Anspruch nimmt, die in den oberirdischen Sprossen erzeugt und nun auf Bildung nutzloser Organe verschwendet werden; die innere Harmonie der physiologischen Vorgänge, die normale Correlation der verschiedenen Organe der Pflanze wird gestört und in wie hohem Grade das ge-

schieht, lernt man kennen, wenn man lange Jahre hindurch Pflanzen cultivirt, um an ihnen physiologische und biologische Erscheinungen zu studiren; für solche wissenschaftliche Zwecke sind daher alte Gewächshauspflanzen meist ungeeignet. Ich will hier nicht versäumen, ein einfaches Verfahren anzugeben, wie man in verhältnissmässig kleinen Töpfen recht kräftige Pflanzen für manche Untersuchungen und Demonstrationen bekommen kann. Man setzt die am Boden mit einem grösseren Abzugsloch versehenen Töpfe bis zum Rande in gute Gartenerde im Freien, wo die darin eingewurzelten jungen Pflanzen das volle Tageslicht geniessen und die Topferde durch das umgebende Erdreich vor starker Austrocknung geschützt ist. Es bildet sich auch in diesem Fall der Filz an der Topfwand, aber durch das Loch im Boden wachsen sehr bald einzelne Wurzelfäden hinaus in die Gartenerde, wo sie sich vielfach verzweigen. So wird die Pflanze bis zum Tage ihrer wissenschaftlichen Verwendung sehr kräftig ernährt. Um sie im Laboratorium oder im Colleg zu benutzen hebt man den Topf aus und schneidet den ganzen Wurzelbusch am Boden ab. Die Pflanze erträgt dies sehr gut und kann bei richtigem Begiessen viele Tage lang zu Experimenten (z. B. mit Ranken, für Heliotropismus und Geotropismus u. s. w.) benutzt werden.

Ich komme nun endlich zu dem eigentlichen Thema dieses Aufsatzes, der Frage, wie die schädliche Wirkung der Filzbildung vermieden werden kann.

Ich glaube, dass bei weiterer Ausbildung des von mir eingeschlagenen Verfahrens auch ein beachtenswerthes praktisches Ergebniss zu erzielen ist. Einstweilen jedoch kommt es mir darauf an, die wissenschaftliche Seite der Frage klar zu legen.

Ich sagte mir, dass bei der Unvermeidlichkeit der Filzbildung es darauf ankomme, diese selbst als Mittel zur Ernährung der Topfpflanzen mit zu benutzen. Anfangs schien mir zweckmässig, den Topf selbst mit einer Nährstoff-Lösung zu durchtränken, um so dem Wurzelfilz von aussen her Nahrung zuzuführen. Es ist auch nicht zweifelhaft, dass auf diese Art für kurze Zeit geholfen werden kann; indessen würden leicht lösliche Salze sehr bald ausgewaschen werden, Salpeter würde als krystallinischer Schnee „ausblühen“ u. s. w., anderer Uebelstände nicht zu gedenken. Ich kam daher auf den Gedanken, die Innenseite des Topfes mit einem Nährstoffgemenge zu bekleiden, an welches sich der Wurzelfilz anlegen muss. Hauptsache wäre dabei, dass die Nährstoffe sich nicht sofort auflösen, sondern den Fäden des Wurzelfilzes langsam durch Diffusion zugeführt werden.

Dies schien mir dadurch erreichbar, dass eine pastöse und poröse Masse mit den Nährstoffen gemengt und mit ihr die Innenseite des Topfes überzogen würde.

Dazu schien mir ein Gemenge von viel Gyps und relativ geringer Menge von Nährstoffen geeignet; der Gyps selbst ist zwar im Bodenwasser löslich, aber, wie ich bei meinen zahlreichen „Wasserculturen" erfahren habe, wenigstens den von mir benutzten Pflanzen unschädlich und manche Wurzeln, wie die der Leguminosen und des Mais, befinden sich selbst in concentrirter Gypslösung auffallend wohl.

Sogleich der erste Versuch, den ich im Juli 1888 in dieser Richtung unternahm, zeigte, dass auf diese Art ein überraschend günstiges Resultat zu erzielen sei. Es wurde ein Gemenge von ca. 100 Theilen gebranntem Gyps mit ca. 5 Theilen der bekannten Nährsalze (Kalisalpeter, Calciumphosphat, Bittersalz, Eisenvitriol) als trockenes Pulver hergestellt, mit Brunnenwasser so zusammengerührt, als ob ein Gypsguss hergestellt werden solle und mit diesem Teig die Innenfläche eines ca. 15 cm weiten Blumentopfes ungefähr 5 mm dick überzogen. Nachdem das Gefäss einige Tage getrocknet war, wurde es mit guter Gartenerde gefüllt und ebenso ein gleichgrosses, ohne das Gypsgemenge. In jedes Gefäss wurden einige Samen von Cucurbita maxima gelegt, die (im August) bald keimten. Bis auf eine wurden die Pflänzchen weggeschnitten und nun in gewohnter Weise weiter cultivirt. Schon bei der Ausbildung des dritten und vierten Blattes zeigte sich ein Unterschied zu Gunsten der mit Gypsauskleidung versehenen Pflanze, ein Unterschied der täglich zunahm und nach etwa 6—7 Wochen sich so steigerte, dass ich die gesammte Blattfläche der Pflanze im praeparirten Topf auf etwa das 15fache der anderen schätzen konnte, während der Stamm 6—7 Mal so lang war und reichlich Blüthenknospen kamen, die bei dem nicht praeparirten Topf kümmerlich blieben. Die Pflanzen standen an einem Südfenster.

Der Versuch musste unterbrochen werden, zeigte aber, was auf diese Art zu erreichen ist. Durch diesen Anfang ermuthigt, habe ich nun in den Jahren 1889 und 1890 zahlreiche ähnliche Versuche gemacht, zunächst nur, um verschiedene Nebenfragen zu erledigen, welche das Zweckmässige des Nahrungsgemenges, die Technik des Auftragens desselben auf die Wand des Gefässes u. s. w., ferner den freien Stand der Töpfe oder ihr Eingraben in Erde u. s. w. betrafen. Besonders richtete ich meine Aufmerksamkeit auf die in den Gewächshäusern überwinternden Holzpflanzen und die für sie passende Behandlung der Culturgefässe.

Die ausführliche Mittheilung dieser zum Theil noch nicht zum Abschluss gekommenen Versuche würde dem Zwecke dieser vorläufigen Notiz kaum entsprechen und hoffe ich später über diese und weitere Erfahrungen berichten zu können. Nur zur Ergänzung der vorausgehenden theoretischen Darlegungen will ich, mit Uebergehung aller Einzelnheiten, einige Tagebuchsnotizen vom Sommer 1891 anführen.

Am 20. Mai wurde eine Mischung hergestellt von

gebranntem Gyps	2000 g
Kalisalpeter	50
Kalkphosphat	50
Magnesiumphosphat	10
Eisenvitriol	200
Thomasmehl	200

(letzteres als Phosphordüngung).

Dieses Gemenge wurde in 9 Portionen getheilt, für 9 Gefässe. Die Gefässe hatten oben einen Durchmesser von 12,5 cm, eine Höhe von 13 cm (lichte Weite). — Auf jeden Topf kam also ca. 280 g des Gypsgemenges.

Die Bodenlöcher derselben wurden mit Flaschenkorken verstopft, weil die Töpfe eingegraben werden sollten und das Hinauswachsen von Wurzeln ins freie Land zu vermeiden war; jedoch war der Verschluss nicht wasserdicht, um das überschüssige Wasser nach dem Begiessen durchzulassen.

Das für jeden Topf bestimmte Gypsgemenge wurde einzeln mit Brunnenwasser angerührt und eingegossen, dann durch Schwenken an der Gefässwand ziemlich gleichmässig vertheilt, wobei der Brei erstarrte.

Nachdem die Gefässe zwei Tage lang an der Sonne getrocknet waren, wurde gute Gartenerde eingefüllt und für jedes derselben ein Begleiter von gleicher Grösse, aber ohne Gypsgemenge hergerichtet.

In je ein Paar dieser Gefässe wurden ausgewählt gleiche junge Pflanzen derselben Species eingesetzt (pikirt) und jene paarweis bis zum oberen Rand in Erde eingegraben. Als Standort wurde eine nach Süd gelegene Rabatte ausgesucht, die Pflege einem zuverlässigen Gehilfen übergeben. — In den ersten vier Wochen war das Wetter meist kühl, selbst kalt und oft regnerisch, später günstiger.

Die Resultate waren folgende:

Am 27. Juli war bei Nicotiana rustica, Solanum reclinatum, Cleome speciosa, Gossyopium herbaceum eine beträchtliche Förderung

der Pflanzen in den präparirten Gefässen zu constatieren, die besonders bei Nicotiana sehr auffallend war.

Bei Dahlia coccinea und Solanum melongena war der Unterschied gering, doch immerhin bemerklich. Auch bei anderen Versuchsreihen bemerkte ich, dass die Pflanzen in präparirten Gefässen nicht besser, als in gewöhnlicher Behandlung gediehen, so z. B. Cuphea tubiflora, Nicotiana wigandioides; vielleicht war für diese Arten die angewandte Nährstoff-Mischung nicht günstig; es können aber auch andere Umstände zufällig mitgewirkt haben, was weiter zu untersuchen ist.

Dagegen war bei folgenden Arten in der beschriebenen Versuchsreihe die Wirkung eine überraschend grosse.

Lagenaria vulgaris am 4. August:

Die Pflanze im präparirten Gefäss:

Stamm 110 cm lang,
Blätter 29 (ausgewachsene),
belaubte Seitensprosse 8,
Blüthen und junge Früchte 13.

Die Pflanze im nicht präparirten Gefäss:

Stamm ca. 50 cm lang,
Blätter 14 (diese nur $1/2$—$1/3$ so gross wie jene),
einige sehr kleine Seitensprosse,
nur eine (weibl.) Blüthe.

Das Gewicht der präparirten Pflanze frisch 4—5 Mal so gross als das der anderen.

Gartenbalsamine am 6. August:

Die Pflanze im präparirten Gefäss:

Stamm 50 cm hoch, unten 16 mm dick,
Seitensprosse 3 (30—30—35 cm lang).
Die beiden unteren Seitensprosse haben je einen Nebenspross von 15—20 cm Länge.
Blätter 129 (alle gross und dunkelgrün).
Die Pflanze macht den Eindruck, als ob sie im freien Land gewachsen wäre.
Sie hat 16 sehr grosse, schöne Blüthen und viele Blüthenknospen; auch 31 grosse Früchte.

Der Sprosstheil dicht über der Erde abgeschnitten wiegt frisch 160 g.

Die Pflanze im nicht präparirten Topf:

Stamm 45 cm hoch, 12 mm dick,
Seitensprosse nur 3 ohne Blüthen,

Blätter 63, klein, viele gelb, entleert.

Am Hauptstamm 2 Blüthen, 29 Früchte, diese klein.

Der Sprosstheil über der Erde abgeschnitten wiegt frisch 67 g.

Solanum chrysantum am 26. August:

Die Pflanze im präparirten Gefäss:

Stamm 76 cm hoch,
Seitensprosse 9 (von 50—5 cm),
Blätter aller Sprosse 138,
Früchte (schwarze und grüne) 180.

Gewicht des oberirdischen Theils frisch 98 g.

Die Pflanze im nicht präparirten Gefäss:

Stamm 52 cm hoch,
Seitensprosse 5 (30—12 cm),
Blätter aller Sprosse 51,
Früchte (reife und unreife) 61.

Gewicht des oberirdischen Theils frisch 32 g.

Dass der grosse Vorsprung der Pflanzen in den präparirten Gefässen der durch die Gypsauskleidung zugeführten Nahrung zu danken ist, bedarf weiter keines Beweises. Es ist aber zu beachten, dass wohl nicht allein die Wurzeln des Filzes selbst in Betracht kommen, sondern dass auch die im Innenraum des Erdballens verlaufenden Wurzelfäden an der besseren Ernährung theil nehmen, weil die aus dem Wandbeleg herausdiffundirenden Nährstoffe, besonders der im Bodenwasser sich ziemlich leicht auflösende Gyps selbst, auch ihnen mehr oder weniger zu Gute kommen mögen. Diese und manche andere Fragen werden aber durch weitere Untersuchungen zu lösen sein.

Würzburg, 2. März 1892.

Fortsetzung folgt.

Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen.

Von

Friedrich Oltmanns.

Hierzu Tafel IV.

Durch meine Untersuchungen über die Lebensbedingungen der Meeresalgen[1]) war ich zu dem Resultat gekommen, dass diese Organismen in sehr auffälliger Weise von der Intensität des Lichtes abhängig sind; sie besitzen nicht bloss die von Berthold beschriebenen Vorkehrungen, um sich innerbalb gewisser Grenzen gegen zu intensives Licht zu schützen und somit eine Regulirung der auf das Protoplasma wirkenden Lichtstärke vorzunehmen; sie können dauernd nur dann existiren, wenn die ihnen gebotene Helligkeit ein Optimum darstellt resp. um ein Optimum innerhalb genau vorgeschriebener Grenzen pendelt. Ich hatte damals darauf hingewiesen, dass diese Resultate sich sicher auf alle Wasserpflanzen, vermuthlich auch auf alle Landpflanzen übertragen lassen. Durch gelegentliche Beobachtungen habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Vermuthung richtig ist, wenn auch die Verhältnisse mit Rücksicht auf die Transpiration etc. etwas complicirter liegen.

Ist das aber der Fall, so lag es nahe, sich einmal die Frage vorzulegen, ob nicht die sämmtlichen Pflanzen in irgend einer Form Vorkehrungen zu treffen im Stande sind, um die eventuellen schädlichen Einwirkungen einer veränderten Lichtintensität zu paralysiren.

Der Heliotropismus, die Phototaxie, die Photonastie etc. sind als Einrichtungen dieser Art wohl schon mehrfach angesprochen, aber in der Richtung kaum eingehender untersucht worden. Eine erneute Prüfung der genannten Processe schien mir um so mehr zu versprechen, als ich für die Untersuchung ein geeignetes Hilfsmittel in dem von mir früher[2]) beschriebenen Gelatine-Tusche-Prismen gefunden

1) Pringsheim's Jahrb. Bd. 23, S. 349 ff.

2) Cultur- und Lebensbedigungen der Meeresalgen. Pringsh. Jahrb. Bd. 23, S. 416.

zu haben glaubte. Ueber die Herstellung dieser Prismen resp. Keile noch einmal genauer zu berichten, erscheint unter Hinweis auf die frühere Arbeit überflüssig; ich will hier noch einmal hervorheben, dass dieselben aus zwei Glasplatten bestehen, welche unter einem sehr spitzen Winkel mit einander verbunden sind, und mit Tusche gemengte Glycerin-Gelatine einschliessen. Für die Versuche wurden hauptsächlich zwei Formen dieser Prismen verwendet, bei den kleineren hatten die Glasplatten eine Grösse von 30×25 cm und waren an einem Ende 5—6 mm von einander entfernt, so dass sie einen Winkel von etwa 2° einschlossen. Das grössere Format bestand aus 55 cm langen und 45 cm breiten Glasplatten, welche einen Winkel von 1° mit einander bildeten, demnach am dicken Ende des Prismas ebenfalls etwa 6 mm Abstand besassen. Lässt man Licht auf diese Prismen fallen, so passirt dasselbe an der dünnsten Stelle fast ungehindert, wird aber mit zunehmender Dicke der Gelatine-Tusche-Schicht stetig absorbirt, so dass vom hellsten zum dunkelsten Ende eine ganz allmähliche Abnahme der Helligkeit statthat. Durch Veränderung des Prismenwinkels, sowie durch gesteigerte oder verminderte Concentration der Tusche-Mischung kann man demnach fast jede beliebige Helligkeit erzeugen und besonders beim Arbeiten im directen Sonnenlicht erhält man dieses einerseits wenig geschwächt, andererseits relativ stark verdunkelt. Die Lichtabsorption in den Platten wurde mit Hilfe des Bunsen'schen Photometers und zweier Normalkerzen bestimmt. Die Platten liessen je nach ihrer Construction am dickeren Ende 10—20 %, am dünnsten Ende 50—70 % des auffallenden Lichtes passiren.

Da der Prismenwinkel ein minimaler ist, kann die Ablenkung der Strahlen für unsere Versuche nicht in Frage kommen. Damit wird es sich rechtfertigen, wenn ich im Folgenden mehrfach von Keil-Platten oder einfach von Platten spreche. Lässt sich doch mit den Prismen experimentiren wie mit etwas dicken Glasplatten.

I. Phototaxie.

a) Orthophototaxie.

Volvox.

Die Versuche wurden begonnen mit Volvox. Sowohl V. minor als auch V. Globator traten im Sommer 1891 um Rostock in ausserordentlich grossen Mengen auf. Das Wasser des Bassins im botanischen Garten war stellenweise fast grün gefärbt und so erlangte man durch einfaches Aufschöpfen desselben ein sehr geeignetes Unter-

suchungsmaterial. Da die beiden Species sich in allen wesentlichen Punkten gleich verhielten, ist es nicht nothwendig, zwischen denselben zu unterscheiden. Bringt man das Volvoxwasser in ein beliebiges Glasgefäss und stellt letzteres in ein gewöhnliches Zimmer, so eilen alle Kugeln mit dem Vorderende[1]) nach der Fensterseite, sie bleiben hier unbeweglich mit dem „Mundende" nach vorn gekehrt sitzen. Verwendet man ein vierkantiges Gefäss, welches man mit einer Seite parallel zum Fenster stellt, so erfolgt zunächst die gleiche Reaction; wird eine Hälfte durch ein Pappstück beschattet, so wandern die hier befindlichen Kugeln in die andere nicht verdunkelte Hälfte aus, kehren aber nach Entfernung der Pappe nicht in diesen Theil zurück, derselbe bleibt dauernd frei von Volvox wenn die Stellung des Glases nicht verändert wird. Fällt directes Sonnenlicht auf das Volvoxgefäss, so verlassen die bis dahin an der Fensterseite unbeweglich sitzenden Individuen diese und wandern in der Richtung der einfallenden Strahlen nach der Zimmerseite, um hier wiederum fest zu werden und ihre Stellung nicht zu verändern, so lange die äusseren Bedingungen nicht modificirt werden. Setzt man ein Gefäss mit Volvox in die helle Sonne, so bewegen sich die Pflanzen zuweilen gleichmässig in dem ganzen ihnen zur Verfügung stehenden Raum umher, häufig aber begeben sie sich nach dem der Sonne zugekehrten Ende, weil an den Gefässwänden Reflexe eintreten, welche die abgekehrte Seite zur helleren machen. Ein Festsetzen, wie im Zimmer, kommt gewöhnlich nicht zu Stande und eine positive oder negative Bewegung in der Richtung der einfallenden Strahlen ist nicht zu verzeichnen, die Kugeln bewegen sich vielmehr meistens vertikal auf- resp. abwärts.

Das soeben geschilderte Verhalten des Volvox stimmt wenigstens annähernd mit dem überein, was auch von anderen Forschern bereits über phototaktische Organismen berichtet ist. Arbeiten wir aber, aus später zu erörternden Gründen, im Freien unter Verwendung unserer Tusche-Platten, so kommen wir zu etwas anderen Resultaten.

Ich liess einen Kasten von 25 cm Höhe, 30 cm Länge, 8—10 cm Breite herstellen, dessen schmale Wände aus Holz bestanden; die beiden breiten 30×25 cm messenden Wände dagegen wurden von zwei genau gleichen Tusche-Platten gebildet; ein Deckel konnte fehlen. Kehrt man den Kasten um, so hat man einen Raum von der ange-

1) Als solches ist derjenige Theil zu bezeichnen, welcher von Geschlechtsorganen resp. Parthenogonidien frei und bei der Bewegung nach vorn gerichtet ist. Vergl. L. Klein über die Gattung Volvox. Pringsh. Jahrb. Bd. 20, S. 165.

gebenen Grösse, in welchen nur durch die beiden Seitenwände Licht eintreten kann. Die Platten sind am Kasten so orientirt, dass jedesmal die hellen und die dunklen Ränder einander gegenüber stehen. Würde man ein Bündel paralleler Lichtstrahlen genau senkrecht auf eine Fläche des Kastens richten, so hätte man in demselben eine vollkommen gleichmässige Abnahme der Lichtintensität vom dünneren nach dem dickeren Ende der Platten in der Weise, dass alle Punkte gleicher Helligkeit eine vertikale Linie darstellten. Das liess sich aber unter freiem Himmel und bei Sonnenlicht kaum erreichen, weil mir kein Heliostat mit einem Spiegel zur Verfügung stand, der für diesen Zweck ausgereicht hätte. Derselbe ist aber auch entbehrlich. Stellt man den Kasten so, dass die Sonnenstrahlen auf eine der schmalen Seiten desselben fallen, so muss innerhalb des Kasten eine allmähliche Abstufung der Helligkeit stattfinden, welche von zwei Factoren abhängig ist, einmal von dem Absorptionscoëfficienten der Keil-Platten, dann von dem Schatten, welchen die undurchsichtigen Theile werfen; die Orte gleicher Helligkeit liegen demnach nicht mehr in einer Vertikalen, sondern werden durch eine Linie verbunden, die einen Winkel von 40—60^0 je nach dem Sonnenstande etc. mit der Lothlinie einschliesst. Die hellste Stelle im Kasten liegt folglich nahe seiner unteren Ecke am hellen, die dunkelste nahe seiner oberen Ecke am dunkleren Plattenende. Bei gleichmässiger Bewölkung ändert sich natürlich die Helligkeitsvertheilung im Apparat etwas, indess braucht darauf wohl kaum eingegangen zu werden. Die Dinge sind ohne Weiteres verständlich.

Bringt man Volvoxwasser in vierkantige Glasgefässe, deren Bodenfläche die Grösse von 20×5 cm hat, und setzt diese den directen Sonnenstrahlen aus, so bleiben die Volvoxkugeln durch das ganze Gefäss annähernd gleichmässig vertheilt, höchstens findet ein mässiges Auswandern aus den Theilen statt, in welchen durch Spiegelung an den Wänden die Helligkeit gesteigert wird.

Dies Bild ändert sich aber fast momentan, wenn man einen der vorhin beschriebenen Kasten über das Glasgefäss setzt. Wir stellen den Versuch zunächst bei Sonnenschein in den Stunden zwischen 11 und 3 Uhr an und sorgen durch ständige Verschiebung dafür, dass die directen Strahlen immer auf die schmale Seite des Kastens fallen. In dem Wasser sind in grossen Mengen sowohl geschlechtliche als ungeschlechtliche Individuen des Volvox minor vertreten, dieselben sind schon mit blossem Auge an ihrer Färbung zu unterscheiden, bei der Flachheit des Culturgefässes kann man ausserdem eine schwache

Lupe bequem verwenden und geht so in der Unterscheidung ungeschechtlicher und geschlechtlicher Pflänzchen völlig sicher.

Sofort nach der Bedeckung der Cultur beginnt eine Sortirung der verschiedenen Individuen. Die Parthenogonidien führenden begeben sich in den hellsten Theil des Raumes und sammeln sich in dichten Wolken nahe der hellsten Ecke an. Die weiblichen dagegen, namentlich solche, deren Eier bereits befruchtet sind, bewegen sich mehr in die dunkleren Regionen des Apparates (bei 0, Fig. 1), sie bilden hier keine wolkenartigen Massen wie die geschlechtslosen, sondern nach ganz kurzer Zeit ordnen sie sich zu vertikalen Reihen an einer oder an beiden Wänden des Gefässes. Jede derselben wird durch 20 bis 50 Individuen gebildet; sie sind relativ lang an dem dunkleren Ende, kürzer in dem helleren Theil des Gefässes. In diesen Reihen sind die Pflänzchen durchaus nicht unbeweglich, vielmehr vollführen sie lebhafte Bewegungen in folgender Weise: Sie sind vertikal gestellt, der vordere von Oogonien freie Theil zeigt nach oben, dem entsprechend der andere nach unten. Die Organismen wandern, um die Längsachse rotirend, rasch aufwärts, wie Schiffe in Kiellinie genaue Richtung haltend. Plötzlich sistiren einige der oberen ihre Bewegung, man hat den Eindruck als ob momentan die Maschine still stände; nun folgen sie ihrer eigenen Schwere und sinken mit dem Hinterende voran abwärts, dabei treffen sie auf die vertikal unter ihnen noch aufwärts steuernden Genossen, reissen diese mit und so sinkt ein Knäuel von 10—20—30 Kugeln abwärts. Man glaubt, sie würden in kurzer Zeit auf dem Boden anlangen, aber plötzlich wird der Fall aufgehalten, einen Moment liegt der Knäuel still, dann entwirrt er sich rasch und eine Kugel nach der andern setzt ihren Curs wieder vertikal aufwärts, die Kiellinie ist hergestellt, um nach kurzer Zeit von Neuem durch den Absturz der Führer gestört zu werden. Die Knäuel fallen in den verschiedenen Theilen des Gefässes verschieden tief; es gelangen die an der hellen Seite auf- und abwandernden nicht so weit nach unten, als die in etwas geringerer Helligkeit befindlichen. Die Fallbewegungen werden offenbar sistirt, sobald eine Zone von bestimmter Intensität des Lichtes erreicht ist.

An den ungeschlechtlichen Individuen wird Reihen- und Knäuelbildung nicht in derselben Regelmässigkeit wahrgenommen. Häufig hat es sogar mit der Bildung wolkenartiger Anhäufungen sein Bewenden, in welchen die Einzelwesen unregelmässig durch einander schiessen und eine Orientirung zu den einfallenden Lichtstrahlen nicht erkennen lassen.

Die geschilderte Anordnung der verschiedenen Pflänzchen bleibt dieselbe, so lange die Helligkeit sich nicht wesentlich ändert. Da nun das Glasgefäss etwa 10 cm kürzer ist, als der übergesetzte Kasten, so kann man durch Verschieben des letzteren die Lichtintensität im Culturgefäss an jedem Punkt verändern. Diesen Aenderungen folgt auch der Volvox, indem er seinen früheren Platz annähernd wieder aufsucht. Da die Helligkeitsabstufung in den verwendeten Tuscheplatten eine relativ sehr allmähliche war, kam diese Erscheinung nicht immer deutlich zur Geltung. Viel eclatanter wird die Sache, wenn wir die directen Sonnenstrahlen nicht auf die schmale Seite des Kastens, sondern gerade gegen eine der Gelatine-Platten fallen lassen. Um die Mittagszeit bilden bei dieser Aufstellung die Sonnenstrahlen einen Winkel von etwa 45^{0} mit der Vertikalen. Auch hier muss demnach die Helligkeit im Gefäss die Resultante sein aus der Absorption des Lichtes in der Platte und dem Schatten, welchen die Holztheile des Apparates werfen. Die Orte gleicher Helligkeit erhalten aber eine ganz andere Lage als im vorigen Versuch. Im Allgemeinen wird die Intensität des Lichtes in dem Gefäss von dem hellen zum dunkleren Ende einerseits, von der vorderen (beleuchteten) Unterkante nach der hinteren Oberkante andererseits abnehmen. Demgemäss verhält sich auch der Volvox. Sowie man den Apparat, welcher vorher von der Kante her beleuchtet war, um 90^{0} dreht, beginnt eine Auswanderung der Volvoxindividuen von den Orten, an welchen sie sich vorher umherbewegt hatten, alles wandert in dunklere Gegenden; in kurzer Zeit, oft in wenigen Minuten ist die hellste Ecke völlig entleert und weibliche sowohl wie ungeschlechtliche Individuen ordnen sich wieder mit den bekannten Unterschieden an bestimmten Stellen an, welche sie bei constant bleibender Beleuchtung nicht verlassen. Bevorzugt sind die von der Sonne abgekehrten Theile des Gefässes. Derartige Versuche wurden nur wenige angestellt, weil bei längerer Dauer derselben die Gelatine-Keile sich durch die Sonnenstrahlen so stark erwärmen, dass die Glyceringelatine schmilzt, was mancherlei Unbequemlichkeiten zur Folge hat.

Die zuerst geschilderte Versuchsanstellung schien mir auch für alle Zwecke zu genügen. Wenn bei dieser die Experimente einige Stunden dauerten und nicht genau auf eine Verschiebung des Apparates geachtet wurde, fielen die directen Sonnenstrahlen bisweilen unter einem sehr kleinen Winkel gegen die Platten; auch dann ergab sich sofort eine Verminderung der Individuenzahl in der hellsten Ecke.

Treten Wolken vor die Sonne, so streben alle Individuen nach der hellen Ecke, ebenso gegen Abend, wenn die Helligkeit abnimmt. Verschwinden die Wolken, so kehren sie in ihre ursprüngliche Stellung zurück. Aehnliches kann man durch Ueberdecken mit weisser Leinwand etc. erreichen. In allen diesen Fällen liegen die Volvoxkugeln fast unbeweglich am Boden, häufig so, dass die ungeschlechtlichen Individuen den hellsten Theil des Bodens bedecken, die weiblichen dagegen mehr in den dunkleren Regionen ruhen. Hier liegt offenbar der analoge Fall vor wie bei Versuchen im Zimmer unter Anwendung diffusen Tageslichts, wo alle Schwärmer an der positiven Seite festsitzen.

Werden die Kästen völlig verdunkelt, oder beobachtet man, was noch besser ist, die Pflänzchen über Nacht, so findet man sie durchaus gleichmässig im Culturgefäss vertheilt, sie bewegen sich ganz langsam, treiben eigentlich nur träge im Wasser umher. Diese Wahrnehmung kann natürlich nur gemacht werden, wenn man für kurze Zeit mit einem Licht an das Gefäss herankommt. Es ist indess kaum anzunehmen, dass diese rasch vorübergehende Einwirkung des Lichtes die beschriebene Bewegung wachruft; wären die Volvoxkugeln bei völliger Dunkelheit unbeweglich, so müssten sie sich auf dem Boden der Gefässe vorfinden, da sie wie die meisten im Wasser schwärmenden Organismen specifisch schwerer sind als dieses und sich nur durch Eigenbewegung vom Grunde erheben können.[1])

Bei Gewitterregen und von tiefschwarzen Wolken bedecktem Himmel lagen nicht alle Individuen, wie man zunächst hätte erwarten sollen, auf dem Boden des Glases, sondern ein grosser Theil derselben bewegte sich völlig indifferent und in gleichmässiger Vertheilung langsam im Glase umher. Die Erklärung ist wohl eine sehr einfache; wie Mimosa, Desmodium u. A. ihre Schlafstellung schon vor dem Einbruch völliger Dunkelheit zeigen, ebenso wird Volvox die „Nachtstellung“ einnehmen, wenn die Helligkeit unter ein bestimmtes Maass herabgesunken ist.

Das soeben geschilderte Verhalten des Volvox wiederholt sich nun auch genau im Freien. Das Süsswasserbassin unseres botan. Gartens bot hinreichende Gelegenheit dies zu constatiren. Eine Hälfte desselben war von grösseren Pflanzen fast frei, die andere dicht bedeckt von Blättern der Nymphaea alba, zwischen welchen die freie Wasserfläche nur an relativ wenigen eng umschriebenen Stellen zum Vorschein kam. So lange am Morgen (bis etwa 9 Uhr) ein neben-

1) Vgl. Strasburger, Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jenaische Zeitschrift f. Naturw. 12. (1878).

stehender Baum Schatten spendete, fand sich der Volvox in der unbedeckten Hälfte in grossen Massen, sobald aber die ersten directen Strahlen auf das Wasser fielen, wanderte er aus und man fand ihn dann massenhaft unter resp. in der Nähe der Nymphaea-Blätter oder auch zwischen dichten Cladophora-Rasen, welche sich an einigen im Wasser stehenden Töpfen angesiedelt hatten. An den freien Stellen zwischen den Schwimmblättern der Seerose, welche von den Rändern derselben immerhin einigen Schatten erhielten, bewegten sich die mit Parthenogonidien begabten Exemplare, die Oogonien führenden dagegen zogen sich mehr unter die Blätter zurück. Hier konnte auch häufig der Reihenmarsch der Weibchen besonders in den Mittagsstunden beobachtet werden, sie suchten mit Vorliebe den von den Blättern herrührenden Halbschatten auf.

Am späten Nachmittage, wenn die Sonne nicht mehr direct auf das Bassin schien, kamen viele Exemplare an die Oberfläche und bildeten hier nicht selten, völlig unbeweglich liegend, mehr oder weniger ausgedehnte grüne Häufchen, die bei Dunkelheit wieder verschwanden. Die Culturen wichen daher jedenfalls nicht in wesentlichen Punkten von den am natürlichen Standort befindlichen Organismen ab.

Unsere Versuche ergeben ein sehr scharfes Unterscheidungsvermögen des Volvox für verschiedene Helligkeiten, ein Auswandern sowohl aus den hellsten wie den dunkelsten Partien des Apparates und das Aufsuchen einer bestimmten Lichtintensität, die wir wohl als die für die Pflanze optimale auffassen dürfen. Diejenige Beschaffenheit resp. derjenige Zustand der Zelle nun, welcher sie zwingt, in einem gegebenen Moment ein bestimmtes Optimum zu erstreben, mag als Lichtstimmung bezeichnet werden. Photometrie wäre dann die Unterscheidung von Lichtintensitäten seitens der Pflanze zu nennen und die durch Licht von verschiedener Intensität ausgelöste Bewegung könnte passend den Namen photometrische Bewegung führen.

Nun ist aber keineswegs in jedem Moment die Helligkeit, welche aufgesucht wird, genau die gleiche, der Zustand der Zelle, welcher soeben als Lichtstimmung bezeichnet wurde, variirt nach Entwicklungsstufen und nach äusseren Einflüssen. Die Abhängigkeit von den ersteren gibt sich bei Volvox sehr eclatant darin zu erkennen, dass die mit mehr oder weniger reifen Oosporen begabten Individuen dunklere Stellen aufsuchen, als diejenigen mit ganz jungen Oogonien resp. Parthenagonidien. Aber auch von der vorgängigen Beleuchtung ist die Lichtstimmung abhängig. Ich hatte zwei der beschriebenen

mit genau gleichen Platten versehenen Kästen aufgestellt, die Glasgefässe wurden am 31. Juli gegen Abend mit Volvoxwasser gefüllt und der eine Apparat bis zum 1. Aug. Morgens 9 Uhr völlig verdunkelt, der andere erhielt Licht vom frühesten Morgen an. Noch am 4. Aug. konnte eine Differenz zwischen beiden Kästen insofern constatirt werden, als in dem einmalig verdunkelten eine unverkennbare Neigung der Kugeln vorhanden war, mehr ins Dunkle zu gehen, als in dem anderen Apparat, welcher allein dem natürlichen Wechsel von Licht und Dunkelheit unterworfen gewesen war.

Diese Beobachtungen stimmen überein mit den Angaben Strasburger's, welcher ebenfalls mittheilt,[1] dass die Schwärmsporen vieler Algen höher gestimmt sind, wenn die Culturen längere Zeit intensiver Beleuchtung ausgesetzt waren. Desgleichen macht er richtig darauf aufmerksam, dass es eine grosse Periode der Lichtstimmung gebe, welche von der Entwickelung abhängig sei, eine Beobachtung, die auch bereits von anderen Forschern mehr oder weniger correct gemacht war, wie Strasburger a. a. O. des Weiteren erörtert. Aus meinen mehrere Tage an ein- und derselben Cultur fortgesetzten Beobachtungen glaubte ich auch auf eine tägliche Periode der Lichtstimmung schliessen zu sollen, volle Gewissheit habe ich aber über diesen Punkt nicht erlangt. Wie in Strasburger's Versuchen die Schwärmsporen, erwiesen sich bei mir die Volvoxindividuen ausserordentlich launisch. Was mich trotzdem an eine tägliche Periodicität denken liess, war die Thatsache, dass z. B. am 4. Aug. Morgens 4½ Uhr der gesammte Inhalt des Apparates eine merklich dunklere Stellung einnahm, als um 8½ Uhr Vormittags, obwohl um 4½ Uhr noch keineswegs volles Tageslicht vorhanden war. An einem anderen Tage beobachtete ich, dass von Vormittags 11 Uhr bis Nachmittags 5^h 30 der Volvox sich bei hellem Sonnenschein ganz allmählich in etwas dunklere Regionen begab. Er stand um 5^h 30 etwas dunkler, als um 12^h, obwohl ganz sicher die Intensität des Sonnenlichtes um 12^h grösser ist, als um 5^h. Man würde aus beiden und einigen ähnlichen Beobachtungen schliessen können, dass die Lichtstimmung bis zum Vormittage oder Mittage steigt, um von dort ab wieder etwas zu sinken. Aehnliche Vermuthungen ergaben sich aus den Beobachtungen im Freien.

Die Lichtstimmung der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Individuen scheint sich häufig nicht gleichsinnig zu verändern. Nur

1) l. c. p. 590.

so kann ich mir wenigstens die mehrfach gemachte Beobachtung erklären, dass die Weibchen, welche am frühen Morgen von den ungeschlechtlichen Individuen gut getrennt gewesen waren in den Vormittagsstunden in relativ helle Regionen des Apparates wanderten und sich dort mit einem Theil der Parthenogonidien führenden völlig vermengten; später, etwa um 2 oder 3^h Nachmittags war dann wieder eine scharfe Trennung der beiden differenten Formen vollzogen.

Die soeben gemachten Angaben über den Wechsel der Lichtstimmung genügen noch nicht um in dieser Richtung ein vollkommen klares Bild der untersuchten Vorgänge zu geben; ich habe sie erwähnt, weil sie an sich schon hinreichendes Interesse zu bieten schienen und ausserdem event. zeigen können, in welcher Richtung meiner Meinung nach event. weiter zu arbeiten ist.

Um nun aber dem Leser ein Bild von dem durch das Licht bedingten Wechsel der Stellungen und Bewegungen des Volvox zu geben, füge ich hier das Protokoll über das Verhalten in einem Gefäss bei, welches am Abend des 31. Juli frisch mit Volvox beschickt war.

1. August.

Vormittags. Helles Wetter.	Die bekannte, S. 187 beschriebene Stellung.
3^h Nm. Regen, dunkler Himmel.	Ein grosser Haufen liegt in der hellsten Ecke. Ausserdem treiben viele in gleichmässiger Vertheilung im Gefäss. Differenz zwischen Weibchen (♀) und Ungeschlechtlichen (⊕) kaum wahrnehmbar.
4^h 30 Nm. Sonne kommt durch.	
4^h 45.	Trennung von ♀ und ⊕, erstere dunkler, letztere in der hellen Ecke Wolken bildend.
4^h 50 graue Wolken.	Reihenmarsch der ♀ hört auf.
5^h	Es bildet sich ein Streifen an dem hellsten Ende, in welchem ♀ und ⊕ sich durch einander bewegen.
5^h 10. Seit 5^h mässig helle Sonne.	♀ und ⊕ wieder getrennt. Letzere in der hellsten Ecke, erstere an etwas dunkleren Stellen.
5^h 40 graue Wolken.	

1. August.

5 h 50 zunehmende Dunkelheit.	Alles drängt in die helle Ecke, immerhin die ♀ nicht so stark als die ⊕.
6 h 10 dunkelgrauer Himmel und Regen.	Wie um 3 h. Besonders die ♀ treiben in träger Bewegung durch das ganze Gefäss.
7 h 10 Abends. Himmel klärt sich auf.	Es kommt etwas mehr Bewegung in die Massen.
8 h 10 Abnahme der Helligkeit.	Fast alles liegt ruhig auf dem Boden.

2. August.

8 h Morgens Gewitterregen.	Die meisten in der hellen Ecke, eine Anzahl ♀ treibt durch das ganze Gefäss.
10 h Der Regen hört auf. Heller Himmel, aber wenig Sonne.	Zunächst noch wie um 8 h. Sofort nach Verschwinden der dunklen Wolken zieht alles mehr in die helleren Theile resp. nach unten.
10 h 40 Sonne und weisse Wolken.	Ziemlich scharfe Trennung zwischen den ♀, welche dunkel und den ⊕, welche hell stehen. Bewegungen mässig rasch.
11 h 25 Sonne und weisse Wolken.	Bewegungen lebhafter. Reihenmarsch der ♀, welche dabei etwas tiefer abwärts gehen als vorher. Obwohl die helle Unterecke noch immer von den ⊕ bevorzugt wird, bilden sich doch am ganzen hellen Rande auf- und absteuernde, lebhaft bewegliche Klumpen.
12 h Sonne, zuweilen weisse Wolken.	Die Anhäufung von ⊕ in der hellsten Ecke mehr gelichtet. ♀ fast unverändert.
3 h dasselbe.	Fast das ganze hellere Viertel des Apparates von oben bis unten mit locker gestellten, lebhaft beweglichen ⊕ erfüllt, obgleich die hellste Ecke noch immer bevorzugt ist. ♀ kaum verändert.
5 h 30 dasselbe.	Ueberall weitere Bevorzugung der dunkleren Stellen.

2. August.

7 h Sonne bedeckt.	⊕ am Boden in der hellen Ecke. ♀ am Boden im dunkleren Theil, ausserdem viele im ganzen Raum treibend.
11 h Abends.	In langsamer Bewegung treiben alle Individuen durch das ganze Gefäss ohne Unterschied von ♀ und ⊕. Nur wenige Exemplare liegen noch in der hellen Ecke.

3. August.

Vormittags. Mittags.	Die bekannte Vertheilung mit Reihenbildung der ♀ etc.
Nachmittags Regen wie am 1. August.	Dasselbe wie am 1. August.
8 h 30 beginnende Dunkelheit.	Fast alles auf dem Boden liegend, einige treiben bis zu halber Höhe des Gefässes. ♀ am Boden wieder dunkler, als die ⊕.
11 h 30 Abends.	Alles gleichmässig vertheilt wie am vorigen Abend.

4. August.

4 h 30 Morgens. Sonnenaufgang, keine Wolken.	♀ in der dunkleren Hälfte, mit Ausnahme der dunkelsten Ecke relativ gleichmässig vertheilt, bereits zum Theil im Reihenmarsch. ⊕ in der ganzen helleren Hälfte ziemlich lebhaft bewegt, hellste Ecke aber bevorzugt.
8 h 30 helles Wetter.	Bei lebhafter Bewegung die übliche Stellung. ♀ sowohl als ⊕ stehen etwas heller als um 4 h 30.
11 h helle Sonne.	An dem hellen Rande eine eigenartige Vermengung von ♀ und ⊕ in einem vertikalen Streifen. Der Reihenmarsch hat aufgehört, nur in der hellsten Ecke sind die ⊕ fast rein.
3 h 45 helle Sonne.	♀ und ⊕ wieder scharf getrennt. ⊕ in dem helleren Viertel vertikal und fast gleichmässig vertheilt. Hellste Ecke kaum bevorzugt.
4 h 30. Seit 4 h 25 bedeckter Himmel.	Fast alle Exemplare wandern auf den Boden und zwar die ♀ im dunkleren, die ⊕ im helleren Theil.

4. August.

5 h 30 etwas hellere Beleuchtung.	Pflanzen erheben sich etwas vom Boden.
7 h 25 beginnende Dämmerung.	Die meisten ♀ und ⊕ in bekannter Anordnung auf dem Boden liegend.

Beobachtet man die Bewegungen der Volvoxkugeln unmittelbar nach erfolgter Veränderung der Beleuchtungsverhältnisse, z. B. nachdem man den bekannten Kasten über ein vorher in der Sonne stehendes Gefäss gesetzt hat, so kann man leicht constatiren, dass die einzelnen Kugeln ihre ursprüngliche Bewegungsrichtung fast momentan verlassen und dann direct auf diejenige Region im Apparat zusteuern, in welcher sie später verweilen. Das Vorderende geht natürlich bei dieser Bewegung voran. Man kann aber niemals irgend eine Beziehung der Bewegungs- und Achsenrichtung zu den einfallenden Strahlen erkennen, und eben so wenig ist eine solche wahrnehmbar, wenn das Individuum in der Zone optimaler Helligkeit zur relativen Ruhe gekommen ist. Schon oben hob ich hervor, dass die weiblichen Pflanzen sich vertikal in Reihen aufwärts bewegen, obwohl die Strahlen seitlich einfallen. Dass die Bildung der Reihen und die Bewegung in denselben mit der Richtung der Strahlen nichts zu thun hat, geht ferner daraus hervor, dass der Reihenmarsch auch am natürlichen Standort in vertikaler Richtung vollzogen wird, obwohl hier das Licht von oben her einfällt.

Das wesentliche Resultat aus den Beobachtungen, das trotz aller Launenhaftigkeit des Volvox überall klar zu Tage tritt, ist nun dieses:

Das Richtende ist — wenn wir uns zunächst einmal auf Volvox beschränken — nicht der Gang der Lichtstrahlen, sondern die gebotene Intensität, völlig unabhängig von den ersteren. Unsere Pflänzchen besitzen ein sehr feines Unterscheidungsvermögen für das was der Mensch als Helligkeit bezeichnet, also für verschiedene Intensitäten des Lichtes. Die Richtungsbewegung wird demnach dadurch ausgelöst, dass die Pflanze sich unter Beleuchtungsverhältnissen befindet, welche von den optimalen, sagen wir den vom Organismus gewünschten, abweichen; sie wird sich folglich um so energischer gestalten müssen, je weiter die Individuen von dem Optimum entfernt sind, mögen sie sich nun in einer Intensität befinden, welche die optimale übersteigt oder hinter derselben zurückbleibt. Die Richtungsbewegung verliert

an Energie je mehr sich der Organismus dem Optimum nähert und hört vollständig auf, wenn dieses erreicht, resp. die Pflanze so nahe an dasselbe herangekommen ist, dass eine Differenz nicht mehr empfunden wird, d. h. bis die Reizschwelle überschritten ist.

Ich habe absichtlich gesagt, die Richtungsbewegung wird nach Erreichung einer Zone von gewisser Intensität sistirt, nicht aber wird jede Locomotion beseitigt; sahen wir doch an der optimalen Stelle unseres Apparates eine sehr lebhafte Ortsveränderung erfolgen. Diese stellt aber keine Richtungsbewegung mehr dar.

Würde man jetzt die Lichtabsorption an der Stelle des Tusche-Prismas bestimmen, welche vom Volvox unter einer bestimmten Bedingung aufgesucht wird, und darauf in einem anderen Apparat genau die gleiche Helligkeit herstellen (etwa mit Hilfe von parallelwandigen Tusche-Platten), so müssten sich die Volvoxindividuen durch den ganzen Raum gleichmässig vertheilen, sie würden, so lange die Beleuchtung von aussen sich nicht ändert, einen völligen Indifferentismus gegen die Lichstrahlen, dabei aber eine lebhafte Bewegung zeigen.

Mit dem Verhalten des Volvox unter optimalen Beleuchtungsverhältnisse hat nun eine unverkennbare Aehnlichkeit der im Dunklen eintretende indifferente Zustand. Der Unterschied besteht nur darin, dass bei Lichtabschluss eine ganz langsame Bewegung, man möchte sagen die Trägheit, Platz greift, während im ersten Fall die Ortsveränderung eine sehr lebhafte ist. Ich glaube nun, es steht nichts im Wege diesen nächtlichen Indifferentismus den Schlafbewegungen höherer Pflanzen an die Seite zu stellen, wie dies Pfeffer[1]) bereits mit den Bewegungen der Oscillarien gethan hat, welche sich nach Famintzin[2]) ebenfalls im Dunkeln wesentlich langsamer bewegen, als im Licht.

Wie aber die Nachtstellung der Blätter nicht erst bei völliger Dunkelheit eintritt, sondern bereits dann, wenn die Lichtstärke unter ein bestimmtes Maas gesunken ist, so beginnt auch die Nachtbewegung des Volvox bereits bei vielen Individuen, wenn zwar eine starke Abschwächung der Helligkeit aber noch nicht vollständige Dunkelheit erreicht ist, wie z. B. in meinen vorher mitgetheilten Experimenten am 1. August Nachmittags 3 Uhr und am 2. August Vormittags zwischen 8 und 10 Uhr.

Die ganze Einwirkung des Lichtes auf die Richtungsbewegungen des Volvox lässt sich nach dem Gesagten passend durch die Curve in

1) Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 370.

2) Pringsheims Jahrb. Bd. 4 S. 31.

Fig. 2 bezeichnen, welche die bei den verschiedenen Intensitäten (J_1 J_2 etc.) zu Tage tretende Energie der Richtungsbewegung (E) veranschaulicht. Sie ist rein schematisch gehalten und erhebt natürlich keinen Anspruch darauf, die in Wirklichkeit durch eine bestimmte Lichtintensität ausgelöste Bewegungsenergie zur Anschauung zu bringen. Immerhin dürfte sie am besten zeigen wie man sich die Dinge vorzustellen hat.

Die Versuche und demgemäss auch die gezeichnete Curve sagen nichts darüber aus, wie sich die Pflanze in sehr concentrirtem Licht verhalte, es muss also dahin gestellt bleiben, ob eventuell bei den höchsten Lichtintensitäten wieder eine Schwächung der Richtungsbewegungen eintritt oder ob die letzteren mit zunehmender Intensität ins Unendliche gesteigert werden.

Könnte man die Energie der Richtungsbewegungen verschiedener Volvoxindividuen bei allen Intensitäten feststellen, so würde man für jedes derselben eine der obigen analoge Curve herstellen, alle die Curven müssten annähernd parall verlaufen, nur die Nullpunkte müssten etwas verschieden ausfallen und damit würde auch die Lichtstimmung derselben zum Ausdruck kommen. Solche Bestimmungen sind für Volvox zunächst schwer ausführbar, wir werden aber später sehen, dass sie sich für andere Pflanzen event. ins Werk setzen lassen.

Spirogyra.

Um eine Spirogyraspecies[1]) zu cultiviren, hatte ich kleine Glashäfen mit Rasen dieser Pflanze beschickt und sie in einer Reihe hinter einer der grossen Tusche-Platten so aufgestellt, dass das links stehende Gefäss das meiste, das rechts stehende das wenigste Licht empfing. Am folgenden Tage Abends hatten sich die Fäden der Alge, welche vorher unregelmässig durch einander lagen, parallel gestellt und waren zu mehr oder weniger dichten rossschweifähnlichen Gebilden vereinigt. Diese Büschel standen nicht vertikal, sondern zeigten an der helleren, linken Seite der Platte mit ihrer Spitze nach rechts, an der dunkleren Seite nach links, dazwischen fand sich ein Gefäss, in welchem die Fäden nicht so regelmässig gestellt und auch nicht gegen eine Seite geneigt waren. Im Uebrigen waren die Büschel auf der dunklen Seite lockerer, als die auf der hellen.

---

1) Da Zygosporen fehlten, konnte eine Bestimmung nicht ausgeführt werden. Es kommt darauf auch kaum an, weil eine Reihe von Arten sich physiologisch gleich verhält.

Stellt man Gefässe mit Spirogyren ins Zimmer, so findet auch hier die Büschelbildung statt und bei diffusem Tageslicht sind die Schweife bald indifferent, bald zeigen sie nach der Fensterscheibe hin, scheinbar bestrebt, die Fäden in die Richtung der einfallenden Strahlen zu stellen. Directes Sonnenlicht veranlasst die entgegengesetzte Bewegung, die Fäden zeigen dann nach der Zimmerseite hin. In beiden Fällen nimmt man nicht selten wahr, was auch schon hinter der grossen Platte beobachtet wurde, dass die Büschel sich an der Glaswand des Gefässes pinselförmig ausbreiten.

In allen diesen Versuchen hatten die Spirogyrafäden keine volle Bewegungsfreiheit innerhalb möglichst weit auseinander liegender, aber doch langsam in einander übergehender Lichtintensitäten. Dies konnte wieder am besten in dem für Volvox angewandten Apparat erreicht werden. Wurde ein vierkantiges Glasgefäss von bekannter Grösse mit einem Spirogyra-Rasen beschickt, wobei die Alge in demselben Wasser verblieb, in welchem sie gewachsen war, so trat bei Aufstellung im Zimmer meistens sehr bald die bekannte Büschelbildung ein, die Büschel waren aber durch das ganze Gefäss gleichmässig vertheilt. Bisweilen veränderten die Spirogyren ihre unregelmässige Lage am Boden des Gefässes überhaupt nicht. Sobald ein Kasten mit Tuscheprismen über das Culturgefäss gestellt wurde, veränderte sich die Situation. Meistens nach Verlauf von einigen, immer nach 24 Stunden waren die Pflanzen aus dem helleren sowohl wie aus dem dunkleren Theil des Apparates ausgewandert, ein vertikal stehendes Bündel hatte sich gebildet, dessen Spitze ebenfalls senkrecht stand, d. h. weder dem Licht zu- noch von demselben abgekehrt war. An dem Bündel, das sich übrigens nach oben hin in mehrere Schweife auflöste, konnte man nun periodische Bewegungen wahrnehmen, welche bei heller Mittagssonne am energischsten waren. Während die Basis an einer Stelle annähernd haften blieb, pendelte das obere freie Ende hin und her, so dass es in Intervallen von 20—40 Minuten eine Schwingung vollzog. Die Bewegungen sind aber keine reinen Pendelbewegungen, sondern sie sind verbunden mit Krümmungen, welche die ganzen Schweife machen. Der Process ist gewöhnlich der, dass das Büschel in einer mittleren Stellung vertikal aufgerichtet ist, sich dann unter starker S-förmiger Einkrümmung nach einer Seite (etwa nach rechts) überneigt; unter allmählicher Ausgleichung der S-Krümmung richtet sich das Bündel wieder gerade, um dann in gleicher Weise nach links hinüber zu pendeln und umgekehrt.

Mit diesen Pendelbewegungen kann bei andauernder Helligkeit eine langsame Ortsveränderung nach der dunkleren Seite hin verbunden sein. Ob die S-Bewegung die Ursache der Ortsveränderung ist, konnte nicht festgestellt werden. Die Pendelbewegungen sind, wahrscheinlich durch Wachsthumsdifferenzen, auf den antagonistischen Seiten der die Fäden zusammensetzenden Zellen bedingt. Wenigstens zeigte Hofmeister,[1] dass Spirogyra princeps auf diesem Wege ganz bededeutende Krümmungen vollführt, und es ist nicht einzusehen, weshalb es bei anderen Spirogyren anders sein sollte. Wie Hofmeister konnte auch ich mehrfach verfolgen, dass besonders die Krümmungen einzelner Fäden häufig stossweise erfolgen. Es kann auf diese Weise die Spitze eines vertikal stehenden Fadens in wenigen Secunden einen Bogen von 30—60° beschreiben. Die Bewegungen der Spirogyren gewinnen damit, worauf auch Hofmeister bereits hinwies, eine unverkennbare Aehnlichkeit mit denjenigen der Oscillarien.

Ein einziges Bündel von Fäden bildet sich nur dann, wenn man relativ wenig Spirogyra in den Glaskasten bringt. Betrachtet man dasselbe etwas genauer, so erkennt man, dass es, in vielen Fällen wenigstens, eigentlich eine Platte darstellt, welche das Gefäss quer durchsetzt und damit zu den einfallenden Strahlen parallel gestellt ist. Die Platte kommt dadurch zu Stande, dass, von der Fensterseite her gerechnet, ein Faden sich hinter den anderen stellt so wie in Fig. 3.

Ist der Kasten mit Spirogyren stark gefüllt, so treten mehrere Büschel an verschieden hellen Stellen neben einander auf; dadurch ist scheinbar der im ersten Versuch so klare Sachverhalt getrübt, nichts destoweniger ergeben sich auch hier charakteristische Stellungen. Wir finden die hellste Region vollkommen frei, dann folgte eine grosse Büschelplatte, welche sehr viele Fäden enthält und genau den einfallenden Strahlen parallel steht, die weiteren Büschel aber, welche sich nach der dunkleren Seite hin anschliessen, werden immer kleiner, enthalten viel weniger Fäden und stehen unter einem Winkel zu den Tusche-Platten resp. den Gefässwänden, welcher um so grösser wird, je mehr Dunkelheit am Standort des betr. Busches herrscht. Das Diagramm eines solchen Apparates würde sich gestalten wie die Fig. 4.

Das Ganze zeigt demnach fast noch auffallender, dass auch Spirogyra auf eine genau definirte Lichtintensität abgestimmt ist und dass die Fäden sich bei Aufsuchung derselben sehr „vernünftig" be-

1) W. Hofmeister, Ueber die Bewegungen der Fäden der Spirogyra princeps Link. Jahreshefte d. Verf. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg 30. Jhrg. (1874) S. 211.

nehmen, insofern sie sich an den helleren Stellen dicht zusammenschliessen und gegenseitig beschatten, an den etwas dunkleren Stellen aber sich lockerer stellen und damit dem Licht freien Zutritt gewähren.

Tagelang fortgesetzte Beobachtungen an ein und derselben unbeweglich stehenden Cultur unter Plattenbedeckung zeigten ähnlich wie bei Volvox, dass die Lebhaftigkeit der Bewegung für gewöhnlich in den Mittagsstunden am grössten ist; ebenso liess sich feststellen, dass die Bündel am Morgen in helleren Zonen standen, gegen Mittag in dunklere Regionen wanderten, um gegen Abend in die helleren Zonen zurückzukehren. Die Erscheinung trat auch dann ein, wenn eine regelrechte Schweifbildung nicht vorhanden war, was mehrfach vorkam. Das Aufsuchen dunklerer Stellen im Apparat während der Mitte des Tages erfolgte nicht immer mit der gleichen Augenfälligkeit. Kurz die Spirogyren waren launisch wie Volvox, oder besser gesagt, sie zeigten Nebenerscheinungen, die nicht immer zu erklären waren. Konnten sie auch das Hauptresultat in keiner Weise beeinflussen, so sind sie doch nicht wegzuläugnen. Zu derartigen „Launen“ gehörte es auch, dass in den längere Zeit beobachteten Culturen an manchen Tagen die eleganten Zöpfe, welche Tags zuvor vorhanden gewesen waren, sich in Wolken auflösten, um am folgenden Tage sich mehr oder weniger scharf wieder zu bilden. Vielleicht lag das in den allgemeinen Beleuchtungsverhältnissen und event. in Nachwirkungen, die bei Spirogyra anhaltender zu sein scheinen, als bei Volvox.

An Gefässen, welche relativ grosse Mengen von Spirogyra enthielten, war das Einwandern in dunklere Zonen des Apparates während der hellsten Tagesstunden etwas weniger deutlich, statt dessen war es hier auffälliger, wie die Fadenmassen in den Morgenstunden zunächst neben einander standen und eine grosse der Längsausdehnung des Gefässes parallel laufende Platte bildeten, sich später aber in den helleren Regionen hinter einander reihten und so eine zu den Tusche-Prismen senkrecht stehende Fläche darstellten.

Das alles zeigt, wie ich glaube, klar und deutlich, dass wir es hier trotz aller Verschiedenheiten in der äusseren Form der Pflanze und ihrer Bewegungen genau mit den gleichen Erscheinungen zu thun haben wie bei Volvox, dass auch die Spirogyra photometrische Bewegungen auszuführen im Stande ist.

Wie sich die Verhältnisse der Spirogyra im Freien an ihrem natürlichen Standort gestalten, ist schwer zu sagen. Man sieht zwar häufig auf dem Boden flacher Gewässer, welche die Pflanze beherbergen,

ähnliche Büschel wie in meinen Versuchen, allein diese Anordnungen werden fast regelmässig gestört, indem bei hellem Wetter durch energische Assimilation Sauerstoffblasen entstehen, welche die ganzen Rasen an die Oberfläche emporheben. Das Gleiche trat zuweilen in meinen Culturen, welche im Freien aufgestellt waren, ein, dann konnte man aber sehr hübsch verfolgen, wie das an der Oberfläche schwimmende Knäuel von Fäden sich entwirrte und nun an einer ganz bestimmten Stelle des Apparates ein langes Büschel von Fäden in das Wasser herabhing.

Nachdem wir aus eigenen Beobachtungen und Experimenten an zwei Formen den Sachverhalt kennen gelernt haben, wird es nothwendig, einmal in der Literatur Umschau zu halten. Strasburger[1]) hat die phototaktischen Organismen zuerst eingehender untersucht und in seiner Abhandlung auch die älteren Angaben von Cohn, Famintzin u. A. hinreichend besprochen. Strasburger kommt nach Untersuchung einer grossen Anzahl von Schwärmsporen zu dem jetzt allgemein bekannten Resultat, dass diese Zellen sich mit ihrer Längsachse in die Richtung der Lichtstrahlen zu stellen bestrebt sind und zwar so, dass sie sich bei schwachem Licht mit dem Mundende auf dieses zu bewegen, bei intensiver Beleuchtung aber sich abkehren. Stahl[2]) und später sein Schüler Aderhold[3]) fanden im Wesentlichen analoge Vorgänge bei den Desmidiaceen; seitdem sind viele Organismen als phototaktische erkannt worden; eine Zusammenstellung derselben gibt unter Hinzufügung einiger eigener Beobachtungen Verworn.[4]) Demnach kommen unter Bacterien, Myxomyceten, Flagellaten, Diatomeen, Oscillarien, Desmidiaceen und den Schwärmsporen der Algen viele lichtempfindliche Arten vor, ja man geht wohl kaum fehl, wenn man annimmt, dass diejenigen Fälle, in welchen eine Reaction auf das Licht nicht erfolgt, die Ausnahme darstellen.

Mit Ausnahme Famintzin's,[5]) welcher den grossen Einfluss der Lichtintensität an sich betont hatte, sehen alle übrigen Beobachter das Wesen der phototaktischen Processe darin, dass der Gang der Licht-

1) Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jenaische Zeitschrift f. Naturw. Bd. 12 S. 541 ff.

2) Stahl, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bewegungen der Desmidien u. s. w. Verh. d. med. phys. Gesellsch. in Würzburg Bd. 14 (1879) S. 24 ff.

3) Aderhold, Beitrag zur Kenntniss richtender Kräfte bei der Bewegung niederer Organismen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 22 (1888) S. 310 ff.

4) Max Verworn, Psychophysiologische Protistenstudien. Jena, 1889.

5) Famintzin, Die Wirkung des Lichtes auf Algen und einige andere ihnen nahe verwandte Organismen. Pringsh. Jahrb. Bd. 6 (1867/68) S. 1.

strahlen einen richtenden Einfluss auf die Organismen ausübt und dass diese sich in der ihnen aufgezwungenen Richtung je nach der Lichtstärke positiv oder negativ bewegen.

Auf Grund dieser Thatsache zieht Pfeffer[1]) den sehr richtigen, aber wohl nicht hinreichend von anderen beachteten Schluss, dass bei einer specifischen mittleren Intensität der Beleuchtung ein Indifferentismus der Schwärmer zur Beobachtung kommen müsse, „wenn nicht die Sensibilität dieser Organismen stetigen periodischen Wallungen unterworfen wäre". Letzteres ist nicht ganz zutreffend, wie schon aus meinen Mittheilungen ersichtlich ist.

Weshalb ist nun der von Pfeffer geforderte und von mir nachgewiesene Indifferentismus von anderen Beobachtern nicht gefunden worden? Man könnte behaupten Volvox und Spirogyra besässen ganz andere Eigenschaften, als Schwärmsporen, Desmidiaceen etc. Ein solcher Einwand muss indess bei genauer Ueberlegung wegfallen. Volvox ist immer zu den phototaktischen Organismen gezählt worden und zeigt auch die vollkommenste Uebereinstimmung mit solchen Pflanzen, so dass die an Volvox gemachten Beobachtungen im Wesentlichen auch für alle anderen unbedingt gelten müssen. Die Abweichungen von meinen Wahrnehmungen erklären sich daraus, dass in den wenigsten Fällen eine gleichmässige Abstufung der Lichtintensitäten gegeben war; wenn Strasburger z. B. allmählich mit seinen Culturen vom hellen Fenster fortrückte, so konnte dabei natürlich sehr leicht der kritische Punkt übersprungen werden, zumal nach der Innenseite des Zimmers hin das Licht sehr rasch abnimmt, für die untersuchten Organismen aber das Optimum in sehr engen Grenzen sich bewegte. Wo aber den zu untersuchenden Objecten eine richtige Abstufung der Helligkeit geboten wurde, traten ganz analoge Erscheinungen auf.

Das war u. a. der Fall in Versuchen Famintzin's.[2]) Dieser Autor brachte die Schwärmer in flache Schalen, bedeckte die eine Hälfte mit einem Brettchen und setzte das Gefäss derart den directen Strahlen aus, dass die Sonne die freie Fläche beschien. Alsbald sammelten sich die Schwärmer in einem Streifen an, welcher dem von dem Brettchen herrührenden Halbschatten entsprach. Wurde die Schüssel mit dünnem Papier bedeckt, so wanderten die Euglenen und Chlamydomonaden nach dem positiven Rande. Famintzin zieht

---

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 369.

2) Famintzin, Wirkung des Lichtes auf Algen und einige andere ihnen nahe verwandte Organismen. Pringsh. Jahrb. Bd. 6 S. 1 ff.

daraus den völlig berechtigten Schluss, dass der Grad der Lichtintensität einen ausserordentlichen Einfluss auf die Bewegung der grünen Masse ausübe und zwar so, dass Licht von mittlerer Intensität die Bewegung am stärksten hervorrufe; eine Auffassung, die sich ziemlich vollständig mit der meinigen deckt. Strasburger bemängelt Famintzin's Versuche auf Grund der von Sachs constatirten Thatsache, dass auch in Oelemulsionen ähnliche Gruppirungen durch die Wärme hervorgerufen werden können. Indess dürfte das keinen Einwurf von Belang gegen die Versuche Famintzin's begründen, da in zwei neben einander stehenden Schälchen, welche gleichmässig von der Sonne beschienen wurden, ganz verschiedenartige Gruppirungen zum Vorschein kamen, wenn die Schwärmzellen vorher verschiedenartig behandelt waren, ohne dass eine Tödtung derselben eintrat.

Strasburger wiederholte Famintzin's Versuche, indem er Brettchen in verschiedener Lage über eine Glasschale legte, welche er dem Licht aussetzte. Er constatirte eine Ansammlung im Kern- oder Halbschatten, wie auch Cohn[1]) für Stephanosphaera eine solche nachgewiesen hatte. Besonders auffallend und in völliger Uebereinstimmung mit Famintzin's Auffassungen sind die Versuche, in welchen ein in der Mitte über die Schale gelegtes Brett so gerichtet wurde, dass es mit seiner Längsachse senkrecht zum Fenster, also annähernd parallel zu den einfallenden Strahlen stand. Die Schwärmer sammelten sich nicht am Vorderrande der Schale, sondern zu beiden Seiten des Brettchens in dessen Halbschatten. Diese völlig correcten Versuche legten auch Strasburger die Vermuthung nahe, dass es sich hier allein um den Lichtabfall, nicht aber um die Richtung der Strahlen handle. Zur näheren Prüfung der Verhältnisse benutzte Strasburger ein hohles Glasprisma mit einem sehr kleinen brechenden Winkel (7,5°), welches mit einer Lösung von Huminsäure gefüllt wurde. Diese Vorrichtung ergab, wie meine Gelatine-Prismen, eine ganz allmähliche Abstufung der Helligkeit. Wurde das Prisma über die Hängetropfen gelegt, welche die Schwärmer enthielten, und fiel das Licht von oben her senkrecht auf den Keil, so richteten sich alle Schwärmer mit der Spitze gegen die einfallenden Strahlen, waren aber gleichmässig durch das Präparat vertheilt. Liess der Beobachter das Licht schräg auf das Prisma fallen, so sammelten sich die Schwärmer, dem Strahlengange folgend, an dem zumeist beleuchteten Rande. Wenn die Strahlen das Prisma schräg von der dickeren Seite

1) Zeitschrift für wiss. Zoologie Bd. 4 (1852) S. 111.

her trafen, so dass die Intensität im Tropfen in der Richtung auf die Lichtquelle abnahm, sammelten sich die Schwärmzellen dennoch an dem der Lichtquelle zugekehrten Tropfenrande. Strasburger schliesst hieraus, dass die Richtung der Strahlen das Maassgebende sei. Der Schluss erscheint indess nicht völlig zwingend. Bei der geringen Ausdehnung, welche die Hängetropfen-Culturen Strasburgers hatten, konnte nur ein ganz kleines Stück, höchstens 1 cm des Prismas, zur Wirkung kommen; es ist daher ausserordentlich wahrscheinlich, dass die Schwärmer den Unterschied des Lichtes auf der dünneren und dickeren Seite überhaupt nicht empfanden, weil derselbe zu gering war. Dann mussten unbedingt die Erfolge eintreten, welche Strasburger erzielte; es war das um so mehr der Fall, als die Schwärmer sich unter Beleuchtungsverhältnissen befanden, welche zweifellos hinter dem Optimum zurückblieben. Aber selbst wenn im Culturtropfen eine für die Zoosporen bemerkbare Helligkeitsdifferenz vorhanden war, könnten event. die von Strasburger wahrgenommenen Orientirungsverhältnisse zu Stande kommen. Ich habe Aehnliches einige Male bei Spirogyra beobachtet. War der geschilderte Apparat vor dem Fenster aufgestellt, so konnten die Fäden, welche vertikal aufwärts standen, veranlasst werden, ihre Spitzen gegen das Fenster zu richten, ohne die hellste Ecke aufzusuchen, wenn man bei bedecktem Himmel die weissen Vorhänge herabzog. Mit der Entfernung der letzteren hörte diese Stellung auf, im Freien trat sie niemals ein. Es geht daraus hervor, dass bei relativ starker Verdunkelung des Culturraumes entweder die photometrische Fähigkeit der Pflanze herabgesetzt wurde, oder aber dass die Intensität in der hellsten Ecke noch wesentlich hinter dem Optimum zurückblieb, die Pflanze dasselbe deswegen in der Richtung des Fensters zu finden glaubte[1]) und sich diesem zuneigte. Ich kann demnach diesen Versuchen Strasburger's keine Beweiskraft zuerkennen. Sie würden vermuthlich anders ausgefallen sein, wenn die Schwärmer volle Bewegungsfreiheit in allen Graden der Lichtintensität gehabt hätten.

Die eben genannten Versuche Strasburger's mit dem Huminprisma sind fast die einzigen, in welchen es unternommen wurde, die Abnahme der Lichtintensität in einer von dem Gange der Strahlen abweichenden Richtung erfolgen zu lassen, in allen anderen nahm die Helligkeit in der Richtung der Strahlen entweder ab oder zu, wie z. B. bei der Entfernung der Objecte vom Fenster etc. Lag die gebotene

1) Man gestatte vorläufig derartige Ausdrücke; über die Berechtigung derselben soll in einem späteren Kapitel gesprochen werden.

Intensität über dem Optimum, so mussten die Schwärmer dieses natürlich in negativer Richtung suchen, sich in dieser bewegen, und, wenn sie durch die Gefässwände aufgehalten wurden, mit dem Mundende abgekehrt sitzen bleiben; umgekehrt suchten die Schwärmzellen das Optimum in positiver Richtung, wenn die Helligkeit hinter diesem zurückblieb. Sie bewegten sich mit dem Mundende voran nach der Lichtquelle und blieben in gleicher Stellung haften, wenn das Optimum nicht erreicht wurde, also der Reiz fortdauerte. Da überall in ähnlicher Weise experimentirt wurde, erklärt es sich, weshalb auf die Richtung der Lichtstrahlen ein so grosses aber nicht völlig berechtigtes Gewicht gelegt wurde.

Ein weiterer Umstand aber hat vermuthlich noch die Erkenntniss des richtigen Sachverhaltes seitens früherer Beobachter verhindert, nämlich die Behandlung der Versuchsobjecte. Famintzin beobachtete die Chlamydomonas und Euglena zunächst in Wasser, das er derselben Pfütze entnommen hatte, in welcher die Organismen wild wuchsen. Damit erhielt er die bereits erwähnten Resultate. Ganz anders aber war der Erfolg, wenn stark euglena- und chlamydomonashaltiger Schlamm in Newa-Wasser gesetzt wurde. Dann waren viele Organismen völlig indifferent, die übrigen sammelten sich zum Theil am positiven, zum Theil am negativen Rande an, obwohl die Gefässe genau den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren, wie diejenigen, welche den Querstreifen im Halbschatten zeigten (cf. p. 202). Die Sache wird leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass das Pfützenwasser viele Salze gelöst enthielt, die bei längerem Stehen desselben sogar auscrystallisirten. Es trat hier also, wahrscheinlich infolge plötzlicher Concentrationsänderung, eine Schädigung der Pflanze ein, welche die Lichtempfindlichkeit fast aufhob. Dass schon relativ geringe Veränderungen des Salzgehaltes die Algen stark beeinflussen können, habe ich bereits früher gezeigt.[1]) Wenn es sich nun auch in Strasburger's Versuchen nicht um so augenfällige Veränderungen des Mediums handelte, so geschah doch die Züchtung der zu den Versuchen benutzten Schwärmer unter Bedingungen, die wohl den normalen nicht völlig entsprachen. Um möglichst zahlreiche Zoosporen zu erhalten, wurden die mit Haematococcus, Ulothrix etc. besetzten Steine in feuchter Luft aufgehoben, um später in frisches Wasser gebracht zu werden, wo sie dann allerdings grosse Mengen von

1) Oltmanns, Die Bedeutung der Concentrationsänderungen des Seewassers für das Leben der Algen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. W. in Berlin 1891. — Ueber die Cultur- und Lebensbedingungen der Meeresalgen. Pringsh. Jahrb. Bd. 23 S. 349 ff.

Schwärmern in kürzester Zeit bildeten. Eine solch rapide Bildung von Fortpflanzungszellen ist aber — wie ich auch bei meinen Algenculturen erfahren habe — in den seltensten Fällen etwas Normales, im Freien spielt sich dieser Process gewöhnlich langsam ab. Die Abnormität bestand bei Strasburger's Versuchen wohl darin, dass die Mutterpflanzen plötzlich in Wasser gebracht wurden, welches event. eine ganz andere Temperatur hatte als diese und auch in seiner Zusammensetzung von dem ursprünglichen Wasser abwich. Bei den durch Cultur in kleinen Gefässen von Strasburger erzielten Schwärmsporen der Bryopsis pulmosa dürften die veränderten Beleuchtungsverhältnisse die Entwickelung wesentlich beschleunigt haben.

Alle diese nur kleinen Abweichungen von dem Normalen können bei Strasburger sowohl wie bei anderen Beobachtern die Schwärmzellen alterirt und sie verhindert haben, die optimale Helligkeit richtig anzuzeigen. Bei erneuten Versuchen müsste das vermieden werden. Damit würden sich dieselben freilich ungleich schwieriger gestalten.

Wie ich bereits oben hervorhob, bezeichnete Strasburger als phototaktisch die Organismen, welche durch das Licht eine Richtung ihrer Längsachse und damit zusammenhängend eine positive oder negative Bewegung erfahren. Da er beobachtete, dass einige Schwärmer stets auf die Lichtquelle zueilen, andere sie bei grösserer Intensität fliehen, so unterschied er die ersteren als aphotometrische von den letzteren, den photometrischen. Diese Unterscheidung beanstandete Stahl,[1]) weil er beobachten konnte, dass alle von ihm untersuchten Schwärmer sich bei hoher Lichtintensität abkehrten, und Strasburger[2]) stimmte Stahl's Erörterungen zu, so dass damit der Begriff der Aphotometrie, was mit den Thatsachen auch übereinstimmte, beseitigt war. Die in Frage stehenden Organismen waren demnach phototaktisch und photometrisch zugleich.

Diese Bezeichnungen dürften ein wenig zu ändern sein. Die Photometrie, welche ich fast genau so wie Strasburger als die Fähigkeit der Pflanze verschiedene Grade der Lichtintensität zu percipiren definirte, ist eine ganz allgemeine Eigenschaft aller Pflanzen, wie ich noch weiter zeigen werde. Die Phototaxie im Sinne Strasburger's ist die Form, unter welcher die Photometrie zuweilen aber keineswegs immer in die Erscheinung tritt. Ich möchte daher als

1) Stahl, Einfluss des Lichtes auf die Bewegungen der Desmidien. Würzburger Verhandl. Bd. 14 S. 24.

2) Nach einer Notiz bei Stahl, Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich. Bot. Zeit. 1880 S. 409.

phototaktische diejenigen photometrischen Bewegungen bezeichnen, bei welchen Organismen, die ihrer Lichtstimmung entsprechende Helligkeit erreichen resp. zu erreichen suchen durch Ortsveränderung des ganzen Körpers. Ich lasse dabei die Richtung der Längsachse, welche den Individuen bei diesen Bewegungen aufgezwängt wird, als nebensächlich aus dem Spiel, im Allgemeinen wird die Pflanze oder das Thier sich direct mit seinem Vorderende auf das Optimum hin richten.

Alle hier behandelten Organismen haben einen radiären Bau, von diesem hängt das Verhalten gegen das Licht unverkennbar in analoger Weise ab, wie die heliotropischen Bewegungen radiärer Sprosse von ihren Symmetrieverhältnissen, worauf noch später eingegangen werden soll. Hier möchte ich nur betonen, dass es vielleicht zweckmässig ist, die Phototaxie radiärer Organismen als Ortsophotaxie von den sogleich zu besprechenden phototaktischen Bewegungen lateraler Lebewesen zu unterscheiden.

b) Plagiophototaxie.

Die Bewegungen der Chloropyllkörper sind durch Stahl's[1]) Untersuchungen hinreichend bekannt, man weiss, dass bei intensivem Licht Profil-, bei schwachem Licht Flächenstellung eintritt. Betrachtet man nun aber die Verhältnisse im Freien, so ist leicht zu constatiren, dass sehr häufig Beleuchtungsverhältnisse eintreten, unter welchen weder eine präcise Flächen- noch eine volle Profilstellung eingenommen wird; man beobachtet bei Funaria hygrometrica und anderen Moosen sehr häufig, dass die Chloroplasten trotz heller Beleuchtung annähernd gleichmässig durch die ganze Zelle vertheilt sind und an Fäden von Mesocarpus spec. nimmt man wahr, dass die Chlorophyllplatten nicht immer in einer Fläche ausgebreitet, sondern an einer beliebigen Stelle tordirt sind, häufig so, dass die eine Hälfte der Platte gegen die andere um 90^0 gedreht erscheint (Fig. 5c). Diese Stellungen ohne Weiteres als Unregelmässigkeiten zufälliger Art zu erklären, geht nicht wohl an und unsere Tuscheprismen geben uns denn auch sehr einfach Aufschluss darüber, dass wir es hier mit durchaus normalen Processen zu thun haben.

Die Mesocarpusfäden werden auf Objectträger gebracht und mit grossen Deckglässern bedeckt. Die letzteren liegen, um das Zerdrücken der Zellen zu vermeiden, auf Glas-Fäden oder -Splittern. Es wird Sorge getragen, dass die Algen quer über den Objectträger möglichst

1) Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich. Bot. Zeit. 1880 S. 297.

gleichmässig von einer Kante bis zur anderen reichen. Solche Präparate werden 7—8 in einer Reihe neben einander in einen ganz flachen Glaskasten gelegt, so dass damit eine fast ununterbrochene Zone von Mesocarpusfäden auf den Boden des letzteren zu liegen kommt. Die Objectträger werden im Kasten leicht befestigt. Der letztere ist aussen geschwärzt, er wird bedeckt mit einem Tuscheprisma und nun das Ganze so aufgestellt, dass die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Prisma fallen. Der Apparat wird mit der Sonne gedreht.

Die Chlorophyllplatten zeigten beim Beginn des Versuches keine bestimmte Orientirung, zum Theil waren sie tordirt oder unregelmässig gekrümmt. Schon nach Ablauf von einer Stunde ergab sich ein ganz auffallendes Resultat, welches auch nach zwei Stunden unverändert war. Die Chloroplasten hatten am hellsten Ende des Apparates eine Orientirung angenommen, welche der Profilstellung sehr nahe kam. Einzelne Platten bildeten mit den einfallenden Strahlen einen ganz kleinen Winkel, wichen also nur sehr wenig von der Parallelstellung ab, andere standen ganz genau in der Richtung der Lichtstrahlen bis auf ein ganz kurzes Stück, welches fast Flächenstellung zeigte; damit erschien die Chorophyllplatte an einem Ende tordirt (a Fig. 5). Das zu den Strahlen senkrechte Stück der Chlorophyllplatte braucht aber nicht an einem Ende derselben zu liegen, sondern kann auch in der Mitte der Platte gegeben sein (Fig. 5 b). Dann hat eine zweimalige Drehung innerhalb des Chlorophyllkörpers stattgefunden. Untersucht man darauf die Präparate, welche etwas dunkler gestanden hatten, so findet man, dass die dem Licht zugekehrte Fläche des Assimilationsapparates sich vergrössert hat; neben unregelmässigeren Biegungen in manchen Platten beobachtet man in anderen, dass etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ des ganzen Chlorophyllkörpers Flächen-, der Rest Profilstellung eingenommen hat (c Fig. 5) und je weiter wir uns dem dunkleren Ende des Prismas nähern, um so mehr nähert sich der Chloroplast der Flächenstellung. Im dunkelsten Theil ist dieselbe fast vollständig erreicht, nur ein ganz kleiner Theil verharrt noch in der Profillage. In Präparaten, welche dem vollen Sonnenlicht ausgesetzt waren, trat die Profilstellung haarscharf ein.

Versuche wie der beschriebene konnten wiederholt und immer mit dem gleichen Resultat ausgeführt werden. Mehrfach wurde auch, nachdem die geschilderte Stellung seitens der Chloroplasten eingenommen war, versucht, das Prisma umzukehren und so die ursprünglich hellen Mesocarpusfäden relativ stark zu verdunkeln, die dunkleren aber in hellere Beleuchtung zu bringen. Dann müssten sich die Platten-

stellungen auch umkehren. Die Versuche gaben zwar Andeutungen, gelangen aber nicht in gewünschter Präcision, weil um die Jahreszeit, in welcher mir Mesocarpus zur Verfügung stand (November), die Sonnenscheindauer an einem Tage nicht ausreichte, um einen vollen Ausschlag herbeizuführen. Indess genügt das Berichtete vollkommen, um das zu zeigen, worauf es hier ankommt.

Es war aber erwünscht, diese Resultate an einer einzelnen Zelle zu prüfen, weil dadurch Fehler, welche etwaige differente Lichtstimmungen herbeiführen könnten, vermieden werden. Zu dem Zweck wurde ein kleiner Dunkelkasten aus Pappe hergestellt, welcher auf den Objecttisch des Mikroskopes aufgesetzt werden konnte. Eine Oeffnung im Deckel gestattete den Durchtritt des Tubus, eine seitliche die Einführung des Präparates. Das directe Sonnenlicht fällt auf den Spiegel des Mikroskops und gelangt durch den Abbe'schen Beleuchtungsapparat, der entsprechend eingestellt werden muss, concentrirt auf die Mesocarpusfäden. Der Spiegel wird entsprechend dem veränderten Stande der Sonne verschoben, so dass das Lichtbild immer auf die gleiche Stelle im Präparat fällt. Unter solchen Umständen rücken die Clorophyllplatten sehr rasch (in ca. 15 Min.) in eine ausserordentlich scharfe Profilstellung ein, sie erscheinen wie ein schmaler, fast absolut gerader Strich. Wird jetzt eine Tuscheplatte mit ihrem helleren Ende vor den Spiegel gestellt, so ändert sich die Stellung der Chloroplasten nicht, erst wenn man das Prisma etwas weiter verschiebt, so dass dunklere Theile vor den Spiegel kommen, sieht man, dass die Profilstellung nicht mehr so scharf ist, die auf der Kante stehenden Platten erscheinen nicht mehr genau gerade, strichförmig, sie sind etwas unregelmässiger und man bemerkt Andeutungen dafür, dass eine ganz gelinde Drehung der Chloroplasten stattgefunden hat. Bei unveränderter Helligkeit bleibt diese Stellung constant. Verdunkle ich den Spiegel etwas stärker, so treten die oben beschriebenen Erscheinungen ein; ein Stück des Chlorophyllkörpers geht durch Drehung in die Profilstellung über. Die Grösse des flach stehenden Stückes hängt von dem Grade der Verdunkelung ab. Die Lage der Platten bleibt constant, so lange die Beleuchtung sich nicht ändert. War eine bestimmte Helligkeit im Gesichtsfelde hergestellt, so hatten meistens nach Verlauf von 30 Minuten die Chlorophyllplatten die entsprechende Stellung eingenommen, sie veränderten dann ihre Lage nicht mehr nachweisbar. Es war daher völlig ausreichend, wenn ich die eben genannten Veränderungen der Lichtintensität in Distancen von etwa einer Stunde vornahm. Auf diesem Wege konnte ich im

Laufe eines Tages wenigstens einen Versuch beenden. Leider gestattete auch hier das Wetter nicht, eine grosse Anzahl von Experimenten anzustellen, ich musste mich mit wenigen begnügen, die aber alle dasselbe Resultat ergaben und vermöge ihrer Uebereinstimmung mit den vorhin beschriebenen volle Beweiskraft besitzen. Stellt man die Versuche bei trübem Wetter an, oder wird einer der eben genannten durch Bewölkung des Himmels unterbrochen, so begeben sich die Chlorophyllkörper in die Flächenstellung, sie verändern diese nicht, wenn man das Gesichtsfeld mehr oder weniger stark verdunkelt.

Funaria hygrometrica wurde in ganz analoger Weise wie Mesocarpus untersucht. Eine grössere Anzahl von möglichst gleichmässigen Blättern wurde auf Objectträgern unter Deckglas gebracht, sie wurden in einer Reihe angeordnet und mehrere Objectträger wieder so neben einander gelegt, dass durch die ganze Länge des schon früher benutzten Glasgefässes eine Reihe von Blättern vorhanden war. Auch im Uebrigen war die Anordnung des Versuches die gleiche. Das Resultat war das zu erwartende. An den hellsten Stellen constatirte ich die eclatanteste Profilstellung, an den dunkelsten eine ebenso präcise Flächenstellung: Zwischen beiden fanden sich alle Uebergänge und in einer Region war eine vollkommen gleichmässige Vertheilung der Chlorophyllkörper wahrnehmbar. Von dieser Stelle aus nahm die Zahl der in Flächenstellung befindlichen Körner stetig zu, wenn man nach dem dunkleren Prismenende hin fortschritt, sie nahm ständig ab, um schliesslich gleich Null zu werden, wenn man sich nach dem helleren Ende hin bewegte. Es war also ein vollständiger allmählicher Uebergang von der Profil- zur Flächenstellung bei sanfter Abstufung der Beleuchtung, genau so wie bei Mesocarpus zu constatiren. Die in grösserer Zahl angestellten Versuche wichen in ihren Resultaten nur insofern von einander ab, als bei schwacher Bewölkung die volle Profilstellung nicht erreicht und in Verbindung damit die Region, in welcher allseitig gleiche Vertheilung herbeigeführt wurde, mehr nach dem helleren Ende des Prismas hin lag.

Eingehende Versuche mit einzelnen Blättern resp. Zellen konnten wegen des unzureichenden Wetters nicht angestellt werden — jede, auch nur einige Minuten die Sonne verdunkelnde Wolke stört natürlich — und künstliche Lichtquellen lieferten nicht die genügende Helligkeit, enthielten vielleicht auch zu wenige der wirksamen Strahlen. Dagegen konnte unter dem Mikroskop mit Hilfe des kleinen Dunkelkastens constatirt werden, dass die Chloroplasten allen Veränderungen der Helligkeit prompt folgen. Bei heller

Sonne blieb die Profilstellung gewahrt, schwache Wolken liessen sofort eine Anzahl von Chlorophyllkörnern in die Flächenstellung eintreten. Die Profilstellung wurde wieder eingenommen, sobald die Sonne wieder frei war; von Neuem traten Choroplasten auf die Fläche, wenn neue Wolken auftraten, und man konnte leicht wahrnehmen, dass um so mehr Körner auf die zu den Strahlen senkrechte Wand geschoben wurden, je dichter die Bewölkung wurde. Es ist danach auch nicht zweifelhaft, dass im Freien jede Veränderung der Helligkeit innerhalb gewisser Grenzen durch Stellungsänderungen der Chlorophyllkörper beantwortet wird.

Wie bei Mesocarpus konnte auch bei Funaria gezeigt werden, dass die Profilstellung keine Veränderung erfährt, wenn die Intensität des Lichtes noch weiter gesteigert wird, und ebenso ergab sich bei verschiedenen Intensitäten des diffusen Lichtes keine Veränderung der Flächenstellung, vorausgesetzt, dass die Lichtverminderung nicht bis zu dem Maasse getrieben wurde, welches Nachtstellung bedingt.

Weitere Pflanzen wurden nicht untersucht, es ist aber kaum zweifelhaft, dass sich die Mehrzahl aller chlorophyllführenden Zellen analog verhalten wird — das geht aus Stahl's bekannten Untersuchungen zur Genüge hervor.

Unterschiede werden insofern vorhanden sein, als die Form der Chloroplasten differirt und dadurch verschiedenartige Stellungen und Bewegungen zur Erreichung einer fixen Lichtlage nothwendig werden. Weiterhin wird es Zellen geben, welche nicht auf jeden rasch vorübergehenden Helligkeitswechsel sofort antworten, sondern sich aus einer mittleren Stellung nur dann herausbequemen, wenn die Intensitätsänderungen dauernd eintreten. Dass auch die Fälle hierher zu zählen sind, in welchen eine Gestaltsveränderung der Chlorophyllkörper durch verschiedenartiges Licht bedingt wird, versteht sich fast von selbst. Bei geeigneter Versuchsanstellung und Erlangung günstiger Objecte würde es kaum Schwierigkeiten haben, durch Messungen den Nachweis zu liefern, dass die Formveränderungen in analogem Sinne verlaufen, wie die Stellungsänderungen bei Funaria u. A.

In wie weit bestehen nun Aehnlichkeiten dieser Vorgänge mit denen, welche im vorhergehenden Capitel besprochen wurden? und wo liegen die Unterschiede? Wir haben es hier mit Bewegungen des ganzen Plasmaleibes zu thun, daran ist nach den Beobachtungen früherer Autoren nicht zu zweifeln und insofern bestehen unverkennbare Aehnlichkeiten zwischen den Bewegungen freier Plasmodien, den Schwärmerbewegungen etc., die uns auch berechtigen dürften, die in

Rede stehenden Processe als phototaktische zu bezeichnen. Ein Unterschied ist in dem Vorhandensein der Zellmembran gegeben, welche dem Plasmakörper nicht die unbeschränkte Bewegungsfreiheit gestattet, wie den in toto beweglichen Organismen. Er kann nicht die seiner Lichtstimmung entsprechende Helligkeit durch Locomotion aufsuchen, ist vielmehr genöthigt, sich in seinem relativ unbeweglichen Käfig so gut es gehen will einzurichten. Da ist nun der Umstand von grosser Bedeutung, dass in den weitaus meisten Fällen der oder die Chloroplasten bilaterale Gestalt besitzen. Diese Thatsache bedingt im Zusammenhang mit der mangelnden Locomotion den wesentlichen Unterschied von der Orthophototaxie. Vermöge der genannten Eigenschaften sind die Chloroplasten in der Lage, das Licht je nach seiner Intensität von der Fläche, von der Kante oder unter einem beliebigen Winkel zwischen 0 und 90^0 auf sich wirken zu lassen. Diese Fähigkeit mag als Plagiophototaxie bezeichnet werden. Wie Orthotropie und Plagiotropie von dem radiären oder dorsiventralen Bau der Organe abhängen,[1] ebenso hängt Ortho- und Plagiophototaxie mit der Organisation der betreffenden Zellen resp. Zellcomplexe aufs Engste zusammen.

Recapituliren wir zunächst unsere an Mesocarpus gemachten Beobachtungen, so sehen wir, dass bei sehr grosser Intensität des Lichtes Profilstellung gegeben ist, wir beobachteten weiter, dass diese Lage bei verschiedenen Intensitäten beibehalten wird, so lange als eine gewisse untere Grenze nicht überschritten wird. Ist dies aber erfolgt, so beginnt die Platte Schrägstellungen und es liess sich zeigen, dass jeder Helligkeit eine ganz genau bestimmte Plattenstellung entspricht, indem das dem Licht zugekehrte Stück des Chloroplasten eine für jede Intensität definirte Grösse besitzt. Bei einem gewissen Intensitätsgrade nimmt die Platte sodann gerade eben Flächenstellung ein, und diese bleibt auch bei allen Intensitäten gewahrt, welche unterhalb dieser Grenze liegen; abgesehen von etwaigen Nachtstellungen, welche hier zunächst nicht in Frage kommen.

Während wir bei den orthophototaktischen Organismen diejenige Helligkeit als die optimale ansehen, in welcher dieselben zur relativen Ruhe kommen resp. gegen das Licht scheinbar indifferent sind, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass bei den plagiophototaktischen Zellen alle diejenigen Intensitäten das Optimum darstellen, bei welchen eine zur Lichtrichtung schräge Stellung der Mesocarpusplatten erzielt wird. Denn innerhalb dieses Optimums ist die Zelle im Stande, genau

1) Vgl. Sachs, Orthotrope und plagiotr. Pflanzentheil. Würzburger Arbeiten Bd. 2.

das Lichtquantum im Chlorophyllapparat aufzufangen, welches sie vermöge ihrer Lichtstimmung wünschen muss. Die Grenzen der optimalen Helligkeit sind im letzteren Fall ausserordentlich viel weiter auseinandergerückt, als bei den frei beweglichen Pflanzen.

Während für Volvox und Spirogyra die Lichtabsorptionen innerhalb des Optimums nur um wenige Procente auseinander liegen, beginnen die Schrägstellungen der Chlorophyllkörper von Mesocarpus, wenn 40—50% des Sonnenlichtes von den Prismen absorbirt werden, sie nähern sich der Flächenstellung aber erst, wenn 80—90% der auffallenden Strahlen in der Tusche-Gelatine zurückgehalten werden. Das hängt aber, wie wohl des Näheren nicht aus einander gesetzt zu werden braucht, ganz allein mit den in Frage kommenden Gestaltungsverhältnissen derjenigen Organe zusammen, welchen zunächst das Licht dienstbar gemacht werden soll.

Auch die Thatsache bedarf keiner weiteren Erörterung, dass bei der Plagiophototaxie die Richtung der Lichtstrahlen neben ihrer Intensität von entscheidender Bedeutung für die Stellung der Chloroplasten ist.

Ich besprach zunächst Mesocarpus als den einfachsten Fall; die Bewegungen in den Funariazellen haben zwar einen etwas anderen Habitus, als diejenigen bei Mesocarpus, die volle Uebereinstimmung im Princip springt aber sofort in die Augen, wenn man sich die Chloroplasten zu einer der Wandung anliegenden Platte verbunden denkt, wie das u. a. bei Ulothrix thatsächlich vorkommt. Die Versuche zeigen ja auch sehr deutlich, dass der Chlorophyllapparat als ein einheitliches Ganzes functionirt. Wie bei Mesocarpus unter bestimmten Lichtverhältnissen die eine Hälfte der Platte Profil- die andere Flächenstellung aufweist, genau so tritt unter analogen Bedingungen die Hälfte der Chlorophyllkörper bei Funaria in Flächenstellung, während die andere in Profilstellung verbleibt, und auch die übrigen Bewegungen bei veränderter Lichtintensität verlaufen in analoger Weise; je nach der Helligkeit wird dem Licht eine grössere oder geringere Fläche des Gesammtapparates dargeboten.

Wenn bei Intensitäten oberhalb resp. unterhalb des Optimums keine Veränderungen der Profil- bezw. Flächenstellung mehr eintritt, so empfindet das Plasma sicher die höheren und niederen Intensitätsgrade ebenso wie diejenigen des Optimums, aber es besitzt nach der Lage der Dinge kein Mittel, um sich allen Helligkeitsstufen anzupassen. Unterhalb des Optimums ist die Flächenstellung übrigens die einzig mögliche, um alle disponiblen Strahlen völlig auszunutzen und

ebenso ist die Profilstellung das denkbar einfachste Mittel, um eine übermässige Insolation zu paralysiren.

Die in mancher Hinsicht scharf geschiedenen, in anderen Punkten aber so völlig übereinstimmenden Erscheinungen der Ortho- und Plagiophototaxie können übrigens vermuthlich an einer und derselben Pflanze vorkommen. Der Fall wäre z. B. gegeben, wenn an Mesocarpusarten dieselben Lichtbewegungen nachgewiesen würden, welche wir an Spirogyrafäden constatirten.

II. Phototropie.

a) Orthophototropie.

Vaucheria sessilis.

Die heliotropischen Erscheinungen vom gleichen Gesichtspunkt aus zu behandelte, von welchem vorher die phototaktischen betrachtet wurden, hat man sich immer gesträubt. Obwohl N. J. C. Müller[1]) ganz präcis hervorgoben hatte, dass alle Pflanzen je nach der Lichtintensität positiven oder negativen Heliotropismus zeigen, wurde das von Wiesner[2]) und auf Grund der Beobachtungen dieses Forschers überhaupt bestritten. Nichts destoweniger sind Müller's Beobachtungen, wie ich zeigen werde, vollkommen richtig.

Nach den an den phototaktischen Organismen gemachten Erfahrungen war anzunehmen, dass auch bei heliotropischen Pflanzen die Lichtstimmung abhängig sein müsse von den äusseren Lebensbedingungen derselben, dass also Pflanzen, welche im Schatten wachsen, weit tiefer gestimmt sein werden, als andere, welche an der hellen Sonne gedeihen. Nun habe ich gezeigt,[3]) dass fast alle Algen zu den typischen Schattenpflanzen gehören; es lag demnach nahe, solche für die Untersuchung zu verwenden. Da Stahl[4]) angibt, dass Vaucheriafäden bei starker Beleuchtung eine zum Lichteinfall senkrechte Wachsthumsrichtung einhalten, bei schwächerem Licht aber normal positiv heliotropisch werden, schienen die Vaucherien für eine Untersuchung im angedeutetem Sinne etwas zu versprechen. Vaucheria sessilis überzieht bekanntlich den Erdboden an geeigneten Lokalitäten

---

1) N. J. C. Müller, Krümmung der Pflanzen gegen das Sonnenlicht. Botan. Untersuchungen Bd. 1 S. 57 ff. (1872).

2) Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich. I. Th. Denkschr. der Wiener Akad. Bd. 39 (1879). II. Th. das. Bd. 43 (1882).

3) l. c. p. 406 ff.

4) Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich. Bot. Zeit. 1880 S. 412.

in dichten Rasen. Es wurde nun ein solcher Rasen mit wenig anhängender Erde zu einer Platte von 20 cm Länge und 2—3 cm Breite zurechtgeschnitten und dann auf einer Glasplatte von gleicher Grösse mit Platindraht oder auch mit gewöhnlichem Bindfaden festgebunden.

Die Glasplatte wurde auf dem Boden eines der oben bereits für Volvox benutzten vierkantigen mit Wasser gefüllten Glasgefässes gelegt, natürlich so, dass der Vaucheriarasen nach oben gekehrt war. Nach einigen Tagen (2—3 bei günstigem Wetter) entwickeln sich neue aufstrebende Sprosse, welche, wenn man das ganze Gefäss auf dem Klinostaten um seine vertikale Achse dreht, vollkommen senkrecht orientirt und durch die ganze Länge des Gefässes gleichmässig vertheilt sind. Zwar kommt es bei manchen Sprossen sehr rasch zur Bildung von Geschlechtsorganen und damit zu einer Sistirung des Wachsthums, es bleibt aber für die Versuche immer noch ein grosser Vorrath übrig. Das Befestigen des Rasens ist erforderlich, weil sich häufig Luftblasen zwischen den Fäden fangen und bei mangelhafter Beschwerung das Ganze emporheben.

Solche auf einem Klinostaten etwa drei Tage gezogene Culturen wurden dann unter die für Volvox bereits verwendeten Kästen gebracht. Die Versuche wurden im Freien angestellt, weil sich die Helligkeit der Zimmer nicht überall als ausreichend erwies.

Ich gebe zunächst einige Versuchsprotokolle:

Vaucheria sessilis I,

am 31. Juli in Cultur genommen, rotirt auf dem Klinostaten.

3. Aug.

8 h Im Freien mit einem Kasten von bekannter Construction bedeckt. Sonne von der Kante.

11 h An einer Stelle von mittlerer Helligkeit stehen die Sprosse völlig vertikal; von links (helleres Ende) sowohl als von rechts (dunklere Seite) neigen die Sprossen gegen die indifferente Stelle zusammen. Die Krümmung der Sprosse auf der rechten Seite nicht so scharf wie links.

1 h Helleres Sonnenlicht seit einiger Zeit. Die Krümmung rechts neben der indifferenten Stelle etwas zurückgegangen.

4 h Dasselbe Bild.

Sonne scheint vertikal gegen die flache Seite des Kastens (gegen die Platten).

7 h Sprosse im dunkleren Theil des Kastens gerade gestreckt, im helleren nach rechts (dunkel) gekrümmt.

4. Aug.

Morg. 8 h Die Sonne scheint gegen die Kante des Kastens, dieser wird beständig gedreht, so dass er immer dieselbe Lage gegen die directen Strahlen behält.

Ab. 6 h Ein sehr auffälliges Bild. Eine ziemlich scharf umschriebene Stelle enthält nur gerade Sprosse; von beiden Seiten neigen sich die Sprossen nach dieser Stelle hin. Die Krümmung ist um so schärfer, je weiter die Sprosse vom Indifferenzpunkt entfernt stehen.

5. Aug.

Vorm. Der Kasten wird entfernt, statt dessen wird das Gefäss mit einem innen geschwärzten Pappkasten überdeckt, welcher auf einer schmalen Seite geöffnet ist. Der Apparat wird entsprechend dem Gange der Sonne ständig gedreht, so dass die Strahlen auf die offene Kastenseite fallen.

6. Aug.

Vorm. Dieselbe Orientirung des Apparates wie gestern. Gegen Mittag sind alle Sprosse vom Licht abgekrümmt, nur die in der äussersten vom Licht abgekehrten Ecke sind zweifelhaft. Das Gleiche war schon am Abend zuvor bemerkbar, nur weniger deutlich.

Ab. 7 h Der Himmel war am Nachmittag mehrfach bewölkt. Im Zusammenhang damit glaube ich eine Neigung der Sprosse zu erkennen, sich wieder aufzurichten.

Ab. 7½ h Das Gefäss wird ohne Bedeckung in ein nach Nordosten gelegenes Arbeitszimmer des Instituts gebracht und mit der Breitseite gegen das Fenster aufgestellt.

7. Aug.

Abends. Deutliche Neigung der Sprosse gegen das Licht.

8. Aug.

Vorm. Die positive Krümmung ist noch wesentlich verstärkt. Der Versuch wird damit abgebrochen.

Vaucheria sessilis. 2.

Seit dem 8. Aug. auf dem Klinostaten gehaltene Cultur wird am 11. Aug. Morgens unter einen Platten-Kasten gebracht. Die Platten haben einen etwas grösseren Prismenwinkel, als vorher. Sonne von der Fläche.

12. Aug. Mittags.

Sprosse von beiden Seiten gegen eine ziemlich eng begrenzte Stelle, welche indifferent ist, zusammengeneigt.

12. Aug. Nachmittags.

Starker Regen und dunkle Wolken.

13. Aug. Vormittags 8 Uhr.

Alle Zweige zeigen nach der hellen Ecke. In dieser nur ganz wenige Sprosse vertikal.

Vaucheria sessilis. 3.

13. Aug.

8 h Cultur seit dem 10. Aug. auf dem Klinostaten wird jetzt in bekannter Weise bedeckt. Gefäss ganz nach dem hellsten Ende der Prismen geschoben.

7 h Ab. Die gewohnten Krümmungen, mit einer gut begrenzten indifferenten Zone annähernd in der Mitte des Gefässes.

14. Aug.

8 h Morg. Der Plattenkasten wird verschoben, so dass das Gefäss möglichst weit in die dunkleren Regionen kommt, jeder einzelne Punkt der Cultur also um ein bestimmtes Maass verdunkelt wird.

6 h Ab. Nur die Sprosse, welche an der hellsten Ecke des Gefässes stehen, sind gerade, alle anderen, auch die gestern indifferenten, krümmen sich gegen diese Stelle hin.

Eine grössere Anzahl von Versuchen, welche in derselben Weise angestellt wurden, bestätigte die Resultate, über welche ich soeben das Protokoll vorlegte. Natürlich fielen sie nicht alle absolut gleich aus, sondern zeigten je nach dem Wetter Differenzen, indem bei Bewölkung die indifferente Zone an einer anderen Stelle lag, als bei sonnenklarem Himmel, ja im ersteren Falle konnte häufig nur eine Krümmung nach der hellen Seite und vertikale Stellung daselbst beobachtet werden. An Tagen, wo Sonnenstrahlen und Regen ständig wechselten, waren die Erfolge weniger präcis; unter solchen Umständen konnte nur an dem hellsten und an dem dunkelsten Ende eine Krümmung oft weniger Sprosse beobachtet werden, alle übrigen wuchsen gerade aufwärts, die indifferente Zone war also ganz wesentlich breiter; während sie sonst auf 2—3 cm sich erstreckte, war sie jetzt bis zu 15 cm breit. Auch das ist leicht erklärt; rasch wechselnde Beleuchtung muss wie Klinostatenbewegung wirken, sie muss die Pflanze bald nach der einen, bald nach der anderen Seite zu krümmen streben und schliesslich zu einer Geradestreckung desselben führen. Die Versuche fielen ganz gleichsinnig aus, ob ich die Sonnenstrahlen auf die schmale Seite des Kastens oder auf die breite Fläche fallen liess. Im letzteren Fall schmilzt die Gelatine in den Prismen. Das stört

indess nicht, wenn durch saubere Arbeit für vollkommene Dichtigkeit der Verschlüsse gesorgt wird, und hat den Vorzug, dass die Erwärmung des Culturwassers fast vollständig vermieden wird, weil alle Wärmestrahlen von der dunkel gefärbten Gelatine absorbirt werden.

Es wurden ausserdem noch einige Versuche mit Vaucheriarasen angestellt, welche nicht in Wasser, sondern in feuchter Luft cultivirt waren. Sie ergaben schon im gewöhnlichen Zimmer ein analoges Resultat wie die im Wasser gezüchteten, waren also nicht unwesentlich tiefer gestimmt als die letzteren. Ganz instruktiv war auch ein Fall, in welchem sich unter einer Glasglocke frei in die Luft ragende Triebe entwickelt hatten. Die Cultur stand etwas seitwärts vom Fenster. Die Sprosse aber zeigten alle nach der dem Fenster benachbarten Zimmerecke, unzweifelhaft weil ihnen hier die willkommene Helligkeit winkte. Ein dem letzten ähnliches Resultat hatte wohl auch Stahl in seinen oben citirten Versuchen.

Die beschriebenen Experimente bedürfen kaum eines Commentars, sie zeigen zur Evidenz, dass bei einer bestimmten Intensität des Lichtes trotz einseitiger Beleuchtung ein Indifferentismus eintritt. Wir sehen wieder, dass Vaucheria photometrisch ist, und dass sie infolge der Perception von Lichtdifferenzen Krümmungen ausführt, die um so energischer werden, je mehr die gebotene Helligkeit von der optimalen abweicht. Hier liess sich das, was bei Volvox nur zu vermuthen war, direct sehen, dass nämlich der Reiz mit der Helligkeitsdifferenz wächst; — dies Gesetz in eine bestimmte Formel zu bringen, soll später versucht werden. Schliesslich ist auch hier wieder darauf aufmerksam zu machen, dass die Krümmungen gegen das Optimum hin ausgeführt werden, dass sie aber zu der Richtung der Lichtstrahlen nur indirect in Beziehung stehen.

Phycomyces nitens

wurde als zweites Unternehmungsobject verwerthet. Versuche, denselben nach der Cultur in vierkantigen Gefässen den gleichen Bedingungen zu unterwerfen wie die Vaucheria, misslangen hauptsächlich desswegen, weil die Lichtstimmung des Phycomyces offenbar eine viel höhere ist als die von Vaucheria, und das ist keineswegs wunderbar, wenn man berücksichtigt, dass Phycomyces frei an der Luft gedeiht, also im wilden Zustande jedenfalls meistens in grösserer Helligkeit lebt, als die genannte Alge, die doch in erster Linie Wasserpflanze ist. Ich musste also einen anderen Weg einschlagen, und suchte zunächst einmal festzustellen, dass je nach der gebotenen Helligkeit Phycomyces bald positiv, bald negativ heliotropisch sein

kann; dann war ja nach den Erfahrungen an Vaucheria, Volvox, Spirogyra die Annahme nicht von der Hand zu weisen, dass auch ein Indifferenzstadium vorhanden sein müsse. Es wurden Culturen von Phycomyces einerseits auf Brod, andererseits auf Pflaumendecoct in Erlenmayer'schen Kolben angelegt. Mit diesen wurde im Freien experimentirt, nachdem sie im Zimmer aufgewachsen waren und die Fruchtträger eine Höhe von 1—3 cm erreicht hatten. Ich benutzte hier mit Erfolg Gefässe, welche ursprünglich für die Cultur von Algen bestimmt waren. In ein cylindrisches Glasgefäss von 20 cm Höhe und 17 cm Durchmesser passt ein zweites von annähernd gleicher Höhe derart, dass zwischen den Wänden beider Gefässe überall ein Raum von 2 cm Durchmesser bleibt. Das innere, kleinere Gefäss hat einen horizontalen ca. 2 cm breiten Rand, welcher mit einer abwärts gekehrten Krempe genau über den geraden Rand des äusseren Gefässes passt. Der so um das Innengefäss entstehende Mantelraum wurde mit Alaunlösung oder mit Wasser gefüllt. Als Deckel dient eine mit der gleichen Flüssigkeit beschickte Flasche von nur 2 cm Höhe, aber demselben Durchmesser wie das Aussengefäss. Sie kann mit diesem resp. der Krempe des Innengefässes durch einen Kautschukring, welcher an zwei gegenüberliegenden Stellen dünne Glasröhren luftdicht durchlässt, fest verbunden werden. Die eine derselben reicht oben in den Innenraum hinein, die andere führt mit einer scharfen Biegung über den Rand des Innengefässes auf den Boden des letzteren. Soll ein Versuch in Gang gesetzt werden, so wird die Phycomycescultur in das Innengefäss, welches z. Th. einen Wandbeleg von nassem dunklen Fliesspapier erhalten hatte, meist einige Centimeter über dem Boden desselben, gebracht, der Deckel luftdicht aufgesetzt und nun mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe langsam Luft hindurch gesaugt, welche vorher eine Waschflasche mit Wasser passirt hatte, um in dem Raum, in welchem sich der Phycomyces befand, eine möglichst feuchte Atmosphäre zu erhalten, gleichzeitig aber ein Stagniren erwärmter Luft in dem Gefäss zu verhüten. Trotz solcher Vorsichtsmaassregeln stieg die Temperatur noch um 2—4° über die im Schatten wahrnehmbare; auf die Versuche hatte das keinen Einfluss, wie wir später sehen werden.

Ich gebe zunächst wieder einige Versuchsreihen ausführlich.

Phycomyces nitens. I.

28. Juli.

9 h Vm. Brodwürfel mit 1 cm langen Fruchtsprossen wird in das Gefäss eingesetzt. Letzteres ist an seiner hinteren

Hälfte mit Pappe umgeben. Die Sonne scheint von vorn direct in den Apparat. Dieser wird dem Gange der Sonne entsprechend gedreht.

12^{h} 30 Die Fruchtträger sind vom Licht weggekrümmt.

12^{h} 30 — 2^{h} Sonne häufig durch graue Wolken verdunkelt.

2^{h} 30 Stiele gerade.

2^{h} 30 — 5^{h} Helle Sonne mit wenigen weissen Wolken.

5^{h} Negative Krümmung der Fruchtträger, in der Ebene des einfallenden Lichtes.

5^{h} — 7^{h} Schatten durch ein Gebäude.

7^{h} Sprosse aufgerichtet, an manchen bajonnetartige Krümmungen. Länge 4 cm.

29. Juli.

Morgens. Sprosse alle gerade gestreckt und noch erheblich verlängert.

Phycomyces nitens. 2.

29. Juli.

Relativ heller Himmel mit wechselnder Bewölkung.

Hintere Hälfte des Gefässes bedeckt. Die Fruchtträger hatten sich im Zimmer positiv gekrümmt, im Apparat werden sie so gestellt, dass sie nach vorn zeigen. Hier richten sie sich sehr bald vertikal auf und bleiben in dieser Stellung. Gegen Abend ins Zimmer gebracht, zeigen sie schon nach kurzer Zeit positive Krümmungen.

Phycomyces nitens. 3.

30. Juli.

Helle Sonne den ganzen Tag.

10^{h} Brodwürfel mit etwa 2 cm langen Fruchtträgern eingesetzt. Gefäss bis auf einen 4 cm breiten vertikalen Streifen mit Papier umwickelt. Vor dem Apparat steht ein Planspiegel, mit dessen Hilfe ein Strahlenbündel horizontal durch den Spalt geworfen wird. Durch Drehung von Apparat und Spiegel mit der Sonne wird diese Stellung den ganzen Tag über in möglichst constanter Lage beibehalten.

10^{h} 30 In den wachsenden Regionen beginnen Krümmungen. Die Spitzen der gekrümmten Sprosse zeigen weder nach vorn, noch nach hinten, sondern rechts und links nach den dunklen Seitentheilen des Versuchsraumes.

12^{h} Die Krümmungen noch wesentlich deutlicher.

6 h Abends. Die Sprosse divergiren nach fast allen Seiten hin, nur nicht nach vorn. (Fig. 6, *A* von oben, *B* von vorn.)

6 h Der Apparat wird mit dem Spalt nach Norden gestellt.

31. Juli.

Morgens 8 Uhr. Positiv heliotropische Krümmung aller Sprosse.

Phycomyces nitens. 4.

31. Juli.

Sehr helle Sonne bis Mittag, dann Wolkenbildung.

9 h Neuer Versuch angesetzt, wie gestern.

12 h Genau das Gleiche wie gestern.

1 h 15 Ein mit weissem, dünnem Leinen überspannter Rahmen wird dicht vor dem Spalt aufgestellt.

3 h 30 Ueberall beginnen positive Krümmungen.

7 h Krümmungen bedeutend verstärkt.

1. August.

9 h Morgens. Viele Fruchtträger stossen mit den Köpfen gegen die vordere Wand des Gefässes vor dem Spalt.

Aehnliche Versuche wie diejenigen, welche ich vorstehend berichtete, wurden noch mehrfach und immer mit demselben Resultat angestellt. Waren alle günstigen Bedingungen gegeben, so konnte schon ½ — ¾ Stunden nach dem Beginn des Experimentes ein Ausschlag wahrgenommen werden, welcher sich bei längerer Dauer des Versuches natürlich noch steigerte. — In allen Fällen war ein ausgiebiges Längenwachsthum zu verzeichnen und die Sprosse, welche am Beginn des Versuches 1—2 cm Länge besassen, waren bei Beendigung desselben bis zu 4, 6 und mehr Centimeter Länge herangewachsen. Dass ich es mit normalen Pflanzen zu thun hatte, glaube ich auch dadurch nachgewiesen zu haben, dass ich sie am Ende des Experimentes in irgend einer Weise die bekannten positiv-heliotropischen Krümmungen ausführen liess. Man könnte nun einwenden, die Krümmungen seien thermotropische, weil die Temperatur nicht völlig constant blieb. Dass dies nicht der Fall ist, geht aus Folgendem hervor. War in dem Apparat durch die Sonnenwirkung die Wärme um einige Grad gestiegen, so blieb die erreichte Temperatur stundenlang constant, sobald directes Sonnenlicht abgeblendet und die Durchleitung von Luft sistirt wurde; trotzdem vollzogen sich die positiven Krümmungen in der geschilderten Weise. Einige Versuche wurden auch mit einem anderen Gefäss ohne Luftdurchleitung vorgenommen, die Temperatur stieg oft um 6 — 8 ^{0} über die Umgebung, blieb aber

dann lange unverändert und die Versuche nahmen genau denselben Verlauf wie immer: Bei gleichbleibender Temperatur im Gefäss fanden Krümmungen statt, sobald die Beleuchtung eine entsprechende Aenderung erfuhr.

Wir haben in dem Phycomyces einen Pilz vor uns, welcher nach allen bisherigen Angaben typischen positiven Heliotropismus zeigt und dessen Verhalten neben dem vieler anderer Pflanzen als ein Beweis für die Auffassung geltend gemacht ist, dass der Heliotropismus auf eine Krümmung hinauslaufe, welche in der Ebene der einfallenden Strahlen vollzogen werde. Diese Auffassung trifft für Phycomyces jedenfalls nicht zu, vielmehr stimmt er in allem mit dem überein, was wir an Vaucheria gelernt hatten. Wir beobachten eine Wegkrümmung vom Licht bei grosser Helligkeit desselben, eine sog. positive Beugung bei Herabsetzung der Lichtintensität. Die negativen Krümmungen waren aber noch besonders dadurch ausgezeichnet, dass sie keineswegs immer in der Ebene des einfallenden Lichtstrahles zu liegen kamen, sondern beliebige Winkel mit derselben bildeten. Fiel das Licht durch den Spalt in das Culturgefäss, so wurde rechts und links von demselben ein Raum mittlerer Helligkeit erzeugt und diese wurde dann von den Fruchtträgern aufgesucht; hier musste das gesuchte Optimum liegen. Es trat also der analoge Fall ein, welchen ich oben von Vaucheria berichtete, deren Sprosse sich nach der vorderen, neben dem Fenster gelegenen Zimmerecke krümmten. Diesen Beobachtungen gegenüber ist es irrelevant, dass nur in relativ seltenen Fällen ein Indifferentismus zur unbestrittenen Wahrnehmung gelangte. Es kann das nicht Wunder nehmen, weil in keinem der Versuche eine so regelmässige Abstufung der Helligkeit erzielt werden konnte, wie in den früheren, wo die Tuche-Prismen so vortreffliche Dienste leisteten. Immerhin wurde in einigen Versuchen, z. B. in dem unter Nr. 1 mitgetheilten, bei annähernd gleichmässig und dünn bewölktem Himmel völlige Geradstellung constatirt. Die Fruchtträger verharrten mehrere Stunden in dieser Stellung, es ist demnach nicht anzunehmen, dass dieselbe ein Durchgangsstadium von der negativen zur positiven Krümmung dargestellt habe. — Aus Versuch 2 und einigen ähnlichen entnehme ich, dass genau wie bei Vaucheria durch stark wechselnde Beleuchtung eine Aufrichtung der Sprosse herbeigeführt werden kann, die nicht ohne Weiteres mit der bei relativ constantem Licht sich ergebenden identificirt werden darf. Sie dient aber ebenfalls dazu, die Uebereinstimmung aller Erscheinungen bei Vaucheria und Phycomyces zu illustriren.

Sprosse von Phanerogamen.

War schon die Lichtstimmung bei Phycomyces recht hoch, so stand zu erwarten, dass die häufig im directen Sonnenlicht wachsenden Samenpflanzen noch wesentlich höhere Stimmungen zu erkennen geben würden. Das war denn auch der Fall.

Keimpflanzen von Tropaeolum majus wurden in einem innen geschwärzten Kasten mit ca. 3 cm breitem Schlitz dicht an diesen gestellt und an einem sehr klaren Tage den Strahlen der Sonne ausgesetzt. Durch Drehung des Kastens wurde wieder dafür gesorgt, dass immer annähernd die gleiche Stellung zur Sonne eingehalten wurde. Trotz stundenlanger Besonnung blieb der Spross genau vertikal stehen, positive Krümmungen traten aber nach ganz kurzer Zeit ein, wenn die Pflanzen in irgend ein Zimmer ans Fenster gestellt wurden. Ganz analoge Erscheinungen boten Kressekeimlinge, sie reagirten in hellster Beleuchtung in der heliotropischen Kammer nicht im Geringsten, zeigten aber schon nach einstündigem Verweilen in etwas dunkleren Räumen starke positive Krümmungen.

Um nun auch negative Beugungen zu erzielen, griff ich zu concentrirtem Lichte. Die von einem grossen Planspiegel reflectirten Sonnenstrahlen trafen, nachdem sie dicke Schichten einer concentrirten Alaunlösung passirt hatten, auf eine grosse biconvexe Linse. Hinter dieser wurde ein Topf mit Lepidiumsämlingen aufgestellt. Die Keimlinge waren in eine Reihe gepflanzt und diese wurde zu den vom Brennpunkt der Linse divergirenden Strahlen unter einen Winkel von etwa 45° gestellt. Eine Keimpflanze stand somit nahe am Brennpunkt der Linse, die übrigen in wachsender Entfernung, ohne sich gegenseitig zu beschatten. Der Spiegel musste mit der Hand gedreht werden, um die Strahlen immer in der gleichen Richtung auf die Linse fallen zu lassen; ein geeigneter Heliostat stand mir nicht zu Gebote. In einem Versuch enthielt der Blumentopf 7 Kressesämlinge. Nach 1½stündiger Einwirkung des Lichtes waren das erste sowohl (dem Brennpunkt zunächst stehende), wie das zweite Pflänzchen negativ gekrümmt, Nr. 3 ist vertikal aufgerichtet, 4—7 sind positiv gebeugt (6 ist beschädigt). 4 und 5 sind aber nicht in der Ebene der einfallenden Lichtstrahlen gekrümmt, sondern die Krümmungsebene bildet einen kleinen Winkel mit den Lichtstrahlen. Nur bei Nr. 7 fällt Krümmungsebene und Strahlenrichtung zusammen.

Ein zweiter Versuch ergab ein analoges Resultat; ein dritter wurde zwar bei wolkenlosem Himmel aber doch nicht völlig klarer Luft ausgeführt. Nach 1½ Stunden war noch keine Krümmung an

den drei Versuchspflanzen, welche dicht beisammen standen, bemerkbar; dieselbe wurde aber eine Stunde nach Entfernung der Linse sehr energisch positiv.

Weitere Versuche mit Phanerogamen direct anzustellen, war mir vor der Hand nicht möglich, weil völlig wolkenfreie sonnenklare Tage gar zu selten waren und mir zu der Zeit, wo ich die Beobachtungen anstellte, nicht alle Apparate zur Verfügung standen, welche ein einwandfreies Arbeiten gestatteten. Trotzdem ist nach den wenigen Versuchen nicht daran zu zweifeln, dass sich die Keimpflanzen von Tropaeolum und Lepidium den Sprossen von Vaucheria und Phycomyces durchaus ähnlich verhalten, dass es auch für sie ein Optimum der Lichtintensität gibt, bei welchem trotz einseitiger Beleuchtung keine heliotropische Bewegung ausgelöst wird, dass aber jede Abweichung von dem Optimum, sei sie positiv oder negativ, eine Krümmung herbeiführt.

Man wird die zu Anfang genannten Experimente, in welchen Tropaeolum und Lepidium trotz einseitiger Beleuchtung keine Richtungsbewegungen ausführten, gar nicht anders als in dem angedeuteten Sinne ausbeuten können; sie allein würden, meine ich, hinreichen um die Analogie der heliotropischen Bewegungen dieser Pflanzen mit denen von Vaucheria zu erweisen; die letztgenannten bestätigen nur die gezogenen Consequenzen.

Dass nun aber diese Vorgänge eine ganz allgemeine Verbreitung haben, lässt sich ziemlich leicht an einer Anzahl von Beispielen und Beobachtungen im Freien zeigen.

Im botanischen Garten zu Rostock steht je ein Strauch von Forsythia viridissima und Spiraea opulifolia in der Nähe einer Baumgruppe; diese ist nach Süden hin offen, d. h. von Morgens 9 Uhr bis Nachmittags 2 resp. 3 Uhr scheint die Sonne direct auf diese Stäucher, während die nordwärts stehenden Bäume dann einen dunklen Hintergrund bilden. Die Spiraea fällt nun zunächst dadurch auf, dass alle diesjährigen recht langen Sprosse schräg aufwärts, aber nicht, wie man erwarten sollte, nach Süden, sondern nach Osten gerichtet sind. Sie verhalten sich also unverkennbar analog wie die Vaucheria im Zimmer und Phycomyces in der heliotropischen Kammer. Noch viel auffälliger ist die Forsythia. Die Aeste stehen in ihren oberen Theilen (von 50 — 80 cm Länge) ziemlich genau vertikal, und diese Stellung wird bis in die Spitzen hinein an bewölkten Tagen beibehalten, zuweilen krümmen sich unter diesen Umständen die Spitzen in ihren wachsenden Regionen nach Süden resp. nach Südosten. Ganz anders wird das Bild bei Sonnenschein. So lange in den ersten Morgen-

stunden die Büsche im Schatten standen, waren die Spitzen aufgerichtet, ganz kurze Zeit aber, nachdem die directen Sonnenstrahlen auf den Standort fielen, neigten sich die Pflanzen nach Norden oder Nordosten und blieben annähernd in der gleichen Stellung bis zum Nachmittage; die Spitzen richteten sich aber wieder gerade, sobald infolge der Schattenbildung durch benachbarte Gebäude die directe Besonnung aufhörte. Besonders lehrreich waren Beobachtungen am 27. August 1891.

8 h Morgens Schatten.	Alle Sprosse annähernd vertikal.
9 h Sonne.	
10 h desgl.	Einige Sprosse zeigen nach Norden, andere nach NO., zwei stehen ganz gerade.
12 h desgl.	dasselbe.
1 h 30 Schatten durch benachbarte Bäume.	
4 h	Alle vorher gekrümmten Aeste aufgerichtet. Die beiden vorher vertikal stehenden positiv gekrümmt.

In der Litteratur sind nun eine Reihe von heliotropischen Erscheinungen von den verschiedensten Beobachtern angegeben worden, welche nach den bisher gangbaren Vorstellungen vom Heliotropismus nicht so ganz einfach zu deuten waren; wir werden sehen, dass sie mit den hier vorgetragenen Auffassungen durchaus im Einklang stehen.

Die Thatsache, dass die Hauptsprosse unserer im Freien gedeihenden Pflanzen auch bei Sonnenlicht völlig gerade gerichtet sind, obwohl hier doch eine einseitig stärkere Beleuchtung wenigstens bei Sonnenschein nicht zu leugnen ist, wird darauf zurückgeführt, dass die Sonne sich um die Sprosse herum dreht und eine dem Klinostaten ähnliche Wirkung ausübt.[1]) Sehr viel einfacher erklärt sich die Sache, wenn wir uns auf den Boden unserer Auffassung stellen. Die Sprosse würden sich darnach im directen Sonnenlicht nicht krümmen, weil die Helligkeit desselben mit der optimalen zusammenfällt, welche den Indifferentismus bedingt. Ist der Himmel bewölkt, so hört die einseitige Beleuchtung fast völlig auf und infolge dessen bleiben die Sprosse Tag aus Tag ein in der gleichen Lage. So verhalten sich aber keineswegs alle Pflanzen. Wiesner[2]) beobachtete z. B., dass

---

1) Vgl. u. a. Sachs, Vorlesungen 2. Aufl. S. 732.

2) Wiesner, Heliotrop. Erscheinungen Bd. 2 S. 29.

die Gipfeltriebe von Abies excelsa, welche anfänglich gerade waren, nach Norden überhängen und nennt sie negativ heliotropisch. Cichorium Intybus, Verbena officinalis, Sisymbrium strictissimum sind auf völlig freien Standorten trotz einseitiger Beleuchtung nach dem genannten Autor[1]) durchaus gerade, neigen sich aber bei schwächerer Beleuchtung dem Licht zu. Wenige Seiten später[2]) berichtet uns dann derselbe Verfasser, dass Cichorium Intybus ein sehr instructives Beispiel für negativen Heliotropismus abgebe, indem diese Pflanzen, wenn sie im Hochsommer lang andauernder Sonnenbeleuchtung ausgesetzt sind, sich mit der Spitze höchst energisch nach Norden krümmen und die Sprossgipfel fast horizontal stellen. Die Sprosse von Cornus mas und Cornus sanguinea sind bei schwachem Licht gerade gestellt, bei starker Beleuchtung aber negativ heliotropisch; ebenso fand Wiesner die Galiumarten an sehr hell beleuchteten Hecken negativ, an schwach beleuchteten positiv heliotropisch.[3]) Auch von anderer Seite liegen ähnliche Beobachtungen in grösserer Zahl vor, am bekanntesten ist wohl diejenige von Sachs[4]) an Tropaeolum majus. Die Pflanze war am Fenster gezogen im Sommer negativ, im Herbst dagegen positiv heliotropisch.

Wiesner hat in seinem schon mehrfach citirten Werk alles bis dahin über positiv oder negativ heliotropische Pflanzen Bekannte in dankenswerther Weise gesammelt, aus welchem ich nur einige prägnante Fälle herausgegriffen habe. Der Autor kommt auf Grund dieser Zusammenstellung zu dem Schluss, dass der negative Heliotropismus kaum seltener sei als der positive. — Natürlich! sind doch nach unserer Anschauung alle Pflanzen positiv und negativ heliotropisch zugleich.

Wiesner thut sodann noch einiger besonderer Fälle Erwähnung, z. B. des Verhaltens von Helianthus tuberosus. Die Sprosse standen Nachts vertikal, an hellen Tagen beugten sie sich bei Sonnenaufgang gegen Osten, folgten dem Lauf der Sonne bis um 10 Uhr Vormittags, blieben in der um diese Zeit eingenommenen Stellung bis gegen 4 Uhr, um sich dann nach Westen überzuneigen und sich in der Dämmerung aufzurichten. Wiesner erklärt die Erscheinung daraus, dass während der hellsten Zeit des Tages das Wachsthum infolge übermässiger Lichtintensität sistirt wurde. Richtiger dürfte es sein

---

1) l. c. p. 30.

2) l. c. p. 35.

3) l. c. p. 35.

4) Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg Bd. 2 S. 271. — Experimentalphysiologie S. 41.

anzunehmen, dass die Pflanze auf relativ hohe Helligkeit gestimmt und infolge dessen zunächst in den Morgenstunden der Lichtquelle zugewendet ist. Ueber Mittag aber wird die Helligkeit so weit gesteigert, dass die Neigung zur Abkehr eintritt, die sich in diesem Falle einfach dadurch äussert, dass die Sprosse der Sonne nicht mehr folgen. Am Nachmittag ist dann die Intensität wieder so weit gesunken, dass eine positive Krümmung eingeleitet wird. Diesen Fall eingehender zu erörtern, lohnt sich indess kaum, dazu müsste er viel genauer untersucht werden. Das Gleiche gilt für viele analoge Fälle, insbesondere auch für solche, in welchen Sprosse constante Krümmungen nach bestimmten Himmelsrichtungen zeigen. Es würde hierher gehören die nach Wiesner[1]) constante Neigung der Blüthenköpfe von Helianthus annuus nach Südosten, ferner das von mir und wahrscheinlich auch in ähnlicher Weise von Anderen beobachtete Ueberhängen der dünnen Sprosse von Lycium barbarum nach Osten; Krümmungen, welche die Sprosse von Hippophaë rhamnoides in freien Lagen meistens constant nach Westen oder Nordwesten aber nur bei Sonnenschein ausführen, und vieles andere. Alles dies bedarf genauerer Untersuchung; es liegt der Gedanke nahe, dass die genannten Pflanzen sich gegen eine Stelle von optimaler Helligkeit krümmen und dann in dieser Lage festgehalten werden.

Das Gewicht der an den verschiedenartigsten Sprossen im Freien gemachten Beobachtungen scheint mir ausreichend, um den an Vaucheria und Phycomyces unzweifelhaft festgestellten Thatsachen für die Sprosse aller Pflanzen volle Geltung zu verschaffen. Es liegen aber noch weitere Beweise für die von mir vorgetragene Auffassung vor und diese hat Wiesner ebenfalls geliefert. Der genannte Autor experimentirte im Dunkelzimmer mit Gasflammen und brachte etiolirte Keimpflanzen von Vicia sativa, Pisum u. A. in grössere oder geringere Entfernung von diesen. Er constatirte auf diese Weise, dass mit der Abnahme der Lichtintensität die Energie der heliotropischen Krümmungen zunimmt. Das geht aber nur bis zu einer bestimmten unteren Grenze; sinkt die Helligkeit unter diese, so werden die Krümmungen schwächer, um bei unendlich kleiner Intensität gleich Null zu werden. Aus dem eben aufgeführten Satze ergibt sich dann weiter, dass bei steigender Helligkeit ein Punkt erreicht werden muss, bei welchem der Heliotropismus ausbleibt. Nach unserer Ausdrucksweise läge hier das Optimum. Dies hat Wiesner

1) l. c. II p. 66.

denn auch constatirt; er fand keine Reaction, wenn er Keimpflanzen der Erbse, Wicke etc. in eine Entfernung von etwa 5 cm von seiner Gasflamme brachte. Zur besseren Orientirung reproducire ich Wiesner's Tabelle für Vicia sativa.

E = Entfernung des Keimlings von der Flamme.
I = Intensität des Lichtes, I = 1 bei 1 m Entfernung.
Z = Eintritt der heliotropischen Keimung, vom Beginn des Versuches an gerechnet.
W = Ablenkung des Sprosses von der Vertikalen in Bogengraden ausgedrückt.

E	I	Z	W
0,05 m	400	∞	0°
0,1	100	180 Min.	30
0,2	25	135	40
0,5	4	115	44
1,0	1	90	55
1,5	0,44	70	90
2,0	0,25	110	60
2,5	0,16	130	50
3,0	0,11	160	45

Würden wir uns auf Grund dieser Zahlen eine Curve construiren, so würde, wenn die Intensitäten als Abscissen, die Krümmungsenergien, gemessen aus der Ablenkung der Sprosse oder der Zeit, nach welcher die Krümmung eben sichtbar wird, als Coordinaten auftragen, eine Linie zum Vorschein kommen, welche im Wesentlichen mit derjenigen übereinstimmt, die wir für Volvox aus theoretischen Erwägungen aufgezeichnet hatten (Fig. 2).

Wiesner stellte wenigstens einige Versuche mit Wurzeln an und constatirte, dass solche von Hartwegia comosa und Sinapis alba bei einer Intensität, welche der oben mit dem Werth 1 belegten sehr nahe kommt, keinen Heliotropismus mehr zeigen, bei höheren Intensitäten dagegen sehr energische Abkehr vom Licht zu erkennen geben. Leider scheint er sie bei noch geringerer Intensität nicht untersucht zu haben; ich bin überzeugt, er hätte dann positiven Heliotropismus nachgewiesen.

Wiesner gibt nirgends an, dass er bei seinen Versuchen Vorkehrungen getroffen habe, um eine event. Einwirkung der Wärmestrahlen zu paralysiren. Die Resultate wären indess keine anderen geworden, wenn diese Einrichtungen vorhanden gewesen wären. Ich habe Wiesner's Versuche an etiolirten Erbsen- und Wickenkeim-

lingen wiederholt, indem ich einen Argandbrenner verwandte und zwischen diesem und die Versuchsobjecte ein planparalleles Wassergefäss einschaltete, welches vermöge geeigneter Contraction ständig von Leitungswasser durchflossen wurde. Ich bin zu denselben Resultaten gekommen, wie Wiesner; ich finde, dass die Krümmung um so rascher erfolgt, je weiter die Pflänzchen von der Lichtquelle entfernt sind und constatire völlige Geradstreckung in ca. 10 cm Entfernung vom Brenner. Die Sache eingehender zu verfolgen hätte für mich nur dann ein Grund vorgelegen, wenn ich künstliche Lichtquellen von ausreichender Helligkeit und Constanz zur Verfügung gehabt hätte, welche auch die Demonstration negativer Krümmungen ermöglichten.

Ich hob nun schon S. 214 hervor, dass Wiesner[1]) sich sehr energisch gegen die besonders scharf von N. J. C. Müller[2]) ausgesprochenene Meinung gewendet habe, nach welcher der Heliotropismus ausschliesslich von der Intensität des Lichtes abhängig ist; er meint, keine einzige bis jetzt festgestellte Thatsache berechtige zu der Annahme, dass ein und dieselbe Zelle oder ein und dasselbe Organ auf Grund der Wirksamkeit gleicher Zellen sich unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen positiv, unter anderen negativ verhalte. Eine Tücke des Geschickes ist es aber, dass Wiesner's Beobachtungen eigentlich nur die Angaben Müller's bestätigen. Müller entwarf mit Hilfe des Heliostaten und einer Linse einen Lichtkegel in dem Dunkelzimmer, in welchem Keimlinge der Kresse parallel zu den einfallenden Strahlen in einer 18 Fuss langen Reihe aufgestellt waren. Die dem Brennpunkt zunächst stehenden Pflänzchen krümmten sich negativ, dann folgte eine indifferente Stelle, worauf die positive Krümmung einsetzte, welche bis zu einem gewissen Punkt mit abnehmendem Licht energischer wurde, in der Nähe völliger Dunkelheit aber wurden die Krümmungen wieder schwächer, um schliesslich ganz auszubleiben. Ich kann mir nicht versagen, N. J. C. Müller's hierauf bezogene Zeichnung in Fig. 7 zu reproduciren, weil sie den Sachverhalt völlig richtig wiedergibt, und mit meinen Wahrnehmungen an Vaucheria durchaus im Einklang steht. Zeichnen wir uns auf Grund der S. 228 gegebenen Tabelle die von Wiesner gefundenen Krümmungen auf, so ergibt sich eine frappirende Uebereinstimmung beider Autoren. Wenn Wiesner den Sachverhalt nicht völlig richtig erkannte, so lag das — abgesehen von vorgefassten Meinungen — darin, dass er nur mit Gaslicht arbeitete, welches nicht die nöthige Helligkeit lieferte;

1) l. c. II. Thl. p. 21.

2) Botan. Untersuchungen I S. 57 ff.

hätte er nur einmal im Sonnenlicht die Müller'schen Versuche wiederholt, er müsste zu einer vollen Bestätigung gelangt sein.

Fassen wir die Resultate unserer Besprechungen über die heliotropischen Sprossen und Wurzeln zusammen, so zeigen diese Erscheinungen eine volle Uebereinstimmung mit dem an phototaktischen Organismen Beobachteten; wir haben überall die Photometrie constatirt und haben uns überzeugt, dass entsprechend diesen photometrischen Eigenschaften Bewegungen ausgelöst werden, welche auf die Erreichung einer genau bestimmten (optimalen) Helligkeit abzielen. Nur der Umstand, dass dies Optimum infolge der mangelnden Ortsbewegung durch Krümmungen erstrebt wird, unterscheidet die behandelten Vorgänge von der Phototaxie.. Sie mit dem alten Namen des Heliotropismus zu bezeichnen, trage ich Bedenken, schlage daher „Phototropie" vor. Die radiären und dorsiventralen Organe differiren, wie später noch erörtert werden soll, bei aller Uebereinstimmung im Princip doch in manchen wichtigen Punkten; es erscheint daher zweckmässig, die durch Lichtdifferenzen bedingten Richtungskrümmungen radiärer Organe als Orthophototropie zu bezeichnen. Dadurch soll gleichzeitig die ganz unerkennbare Analogie zwischen dieser und der Orthophototaxie ausgedrückt sein, die keiner weiteren Erörterungmehr bedarf.

Ohne mich der Thatsache verschliessen zu wollen, dass die Untersuchungen von Sachs die Kenntniss der heliotropischen Erscheinungen wesentlich gefördert haben, kann ich mich doch — das versteht sich nach dem Ausgeführten von selbst — seiner Auffassung, wonach die heliotropischen Krümmungen in erster Linie durch die Richtung bedingt werden, in welcher die Strahlen das Gewebe resp. die Zelle durchsetzen[1]), nicht anschliessen. Die übermässige Werthschätzung der Strahlenrichtung muss hier sowohl wie bei der Phototaxie nur darauf zurückgeführt werden, dass man früher in unzureichenden Lichtintensitäten, sei es mit natürlichem, sei es mit künstlichem Licht, arbeitete und dass nur infolge dessen Strahlengang und Krümmungsebene zusammenfielen.

Die nach dem früheren Ausdruck positiv oder negativ heliotropischen Organe unterscheiden sich demnach nur durch die Lichtstimmung, ebenso wie die früher als positiv oder negativ phototaktisch bezeichneten Organismen. Stark positiv heliotropische Pflanzentheile sind hoch, negative sind niedrig gestimmt; die Intensität, bei welcher der Indifferentismus zum Ausdruck kommt, ist im ersten Fall eine sehr hohe, im zweiten eine sehr niedrige. Das ist der ganze Unterschied, welcher besonders deutlich zum Ausdruck kommt, wenn wir

1) Vgl. u. a. Vorlesungen 1. Aufl. S. 854.

uns die in Fig. 2 gezeichnete Curve vergegenwärtigen. Je weiter wir uns den Nullpunkt derselben nach J_0 verschoben denken, um so mehr nähern wir uns Pflanzentheilen, welche früher als negativ heliotropisch angesehen wurden. Es bleibt schliesslich nur der mit B bezeichnete Ast der Curve übrig.

Was nun die Lichtstimmung betrifft, so ist dieselbe in ganz analoger Weise von äusseren Factoren — sagen wir vom Vorleben der Pflanze — abhängig, wie bei Volvox und Genossen. Wir fanden Schattenpflanzen niedriger gestimmt als Sonnenpflanzen und constatirten für Wurzeln und wurzelähnliche Sprosse in der Regel, wenn überhaupt eine grosse Empfindlichkeit vorhanden ist, eine ausserordentlich tiefe Stimmung. Von der vorgängigen Beleuchtung sehen wir die Sprossen ebenso abhängig, wie die phototaktischen Pflanzen. Etiolirte Sprossen sind so tief gestimmt, dass sie schon bei Lampenlicht ihr Optimum erreichen, während im Licht erzogene Pflanzen unter solchen Verhältnissen noch starken positiven Heliotropismus zu erkennen geben. Schon eine 12stündige Beleuchtung schraubt bei etiolirten Pflanzen die Lichtstimmung bedeutend herauf; die positiven Krümmungen waren nach Wiesner[1]) an solchen Pflanzen wesentlich intensiver, als an ständig verdunkelten.

Es ist nun mehrfach, zuerst wohl von Sachs, für Tropaeolum angegeben worden, dass die positiven Krümmungen in anderen Zonen des Sprosses erfolgen, als die negativen. Mag das für specielle Fälle zutreffen, so glaube ich doch betonen zu müssen, dass sowohl bei Vaucheria und Phycomyces als auch bei Lepidium und Forsythia die Beugungen allemal in denselben Regionen stattfanden, mochten sie positiv oder negativ verlaufen. Demgemäss sehe ich zunächst keinen zwingenden Grund für Wiesner's Annahme, dass jeder Pflanzentheil aus positiven und negativen Elementen aufgebaut sei.

b) Plagiophototropie.

Robinia pseudacacia.

Seit langer Zeit weiss man[2]), dass die Blättchen der Robinien sowie vieler anderer Leguminosen sich bei diffusem Tageslicht flach ausbreiten, bei directer Insolation dagegen aufrichten, indem sie ihre Oberseiten gegen einander kehren. Betrachtet man die Blätter im Freien etwas eingehender, so ergibt sich, dass fast zu jeder Tagesstunde eine andere Stellung der Blättchen wahrnehmbar ist und dass ebenso an verschiedenen Tagen bei veränderter Beleuchtung die mannigfaltigsten Lagen

1) l. c. II. p. 9.

2) Litteratur bei Pfeffer, Period. Bewegungen der Blattorgane S. 62.

vorkommen. Im Allgemeinen konnte ich Ende September und Anfang Oktober vorigen Jahres an sonnigen Tagen beobachten, dass bis Morgens um 8 Uhr die Foliola ausgebreitet waren, d. h. die paarweise gegenüberstehenden einen Winkel von 180° mit einander bildeten. Mit steigender Sonne verringerte sich dieser Winkel, er betrug 40° und weniger etwa um 12 oder 1 Uhr, um später von 3 Uhr ab wieder deutliche Vergrösserung zu erfahren. Tage, an welchem zwar wolkenloser Himmel, aber „diesige" d. h. ganz schwach nebelige Luft zu verzeichnen war, liessen auch über Mittag den Blättchenwinkel nicht unter 90° sinken. Jede Wolke, die kaum ½ Stunde die Sonne verdeckt, bewirkt eine Vergrösserung des genannten Winkels. Natürlich blieb an den beschatteten Stellen jedes Zusammenneigen der Blättchen aus, ebenso wie bei dauernder Bewölkung die Flächenstellung nicht verändert wurde. Vergleicht man die Blätter, welche sich in verschiedener Stellung befinden, mit einander, so kann man je nach der Lage der Blattspindel auch verschiedene Orientirungen der Foliola wahrnehmen. Steht die Spindel senkrecht zu den Sonnenstrahlen, indem sie gleichzeitig gegen den Horizont um 30—60° geneigt ist, wobei es gleichgiltig bleibt, ob die Spitze oder die Basis nach unten gekehrt wird, so erfolgt ein ganz normales Zusammenklappen der Blättchen, wie es soeben beschrieben ist, vorausgesetzt natürlich, dass das ganze Blatt seine Oberseite der Sonne zukehrt. Nicht wesentlich anders wird die Sache, wenn die Blattspindel zu den Sonnenstrahlen zwar senkrecht, ausserdem aber horizontal steht; dann ist der Winkel, welchen die Blättchenpaare mit einander und mit den Sonnenstrahlen bilden, derselbe wie im ersten Falle; der Unterschied besteht nur darin, dass die Flächen der Blättchen sich der Horizontalen mehr oder weniger nähern. Scheinbar wesentlich verschieden von den beiden ersten Fällen wird das Bild, wenn die Spindel des Blattes parallel mit den Sonnenstrahlen verläuft, gleichviel, ob die Basis oder die Spitze gegen die Lichtquelle hingewandt ist. Unter solchen Umständen beobachtet man niemals das Zusammenneigen der Oberseiten, sondern die Blättchen drehen sich in ihren Gelenken etwa wie die Platten der bekannten Klapp-Jalousien und sind so im Stande, die Blattfläche mit einem beliebigen, der momentanen Beleuchtung angepassten Winkel gegen die Sonne zu stellen. Hierbei ist nun eine andere Eigenthümlichkeit nicht unwesentlich, welche bislang keine Erwähnung fand. An freistehenden Robinien fällt meistens sofort auf, dass die an der Südseite sitzenden Blätter sich von den nordwärts gerichteten dadurch unterscheiden, dass die Foliola der Letzteren voll-

kommen plan erscheinen, diejenigen der ersteren dagegen in der Mittelrippe, welche gleichsam als Charnier fungirt, gefaltet sind, so dass die beiden Hälften der Blättchen häufig einen Winkel von fast 90° mit einander bilden. Die Oberseite des Blattes befindet sich auf der Innenseite des Winkels. Diese Faltung kommt offenbar durch stärkeres Wachsthum der Unterseite zu Stande. Soweit meine Beobachtungen reichen, verändert sich der Winkel beider Blättchenhälften nicht in kürzeren Zeitabschnitten (wenigen Tagen). Befindet sich ein Blatt in der zuletzt genannten Lage, dann stellen sich die Blättchen so, wie es Fig. 8 andeutet. Demnach steht eine Hälfte der Foliola annähernd parallel zu den einfallenden intensiven Sonnenstrahlen, die andere Hälfte senkrecht, aber die vorderen Blätter spenden den hinteren Schatten und es ist also auch hier für Abschwächung des directen Sonnenlichtes gesorgt.

Es ist fast selbstverständlich, dass nicht alle Blätter genau eine von den als typisch herausgegriffenen Lagen einnehmen; demgemäss zeigen auch die Foliola alle Zwischenstellungen, die hier zu besprechen unnöthig ist. Nur mag noch hervorgehoben werden, dass ein Blatt zu verschiedenen Tageszeiten gegebenen Falls die verschiedenen Phasen der Blättchenstellung durchmachen kann. So würde z. B. ein Blatt, dessen Spindel von Nordost nach Südwest gerichtet ist, dabei aber im Nordost etwas tiefer steht als im Südwest, zunächst am frühen Vormittag bestrebt sein, die Blättchen der Horizontalen mehr oder weniger zu nähern, gegen Abend aber die Jalousie-Stellung einzunehmen.

Mögen die Blattspindeln auf der Sonnenseite des Baumes orientirt sein wie sie wollen, zu jeder Stunde des Tages bilden alle Blättchen einen bestimmten, überall annähernd gleichen Winkel mit den Strahlen der Sonne. Das ergibt schon eine oberflächliche Schätzung; diese kann man noch unterstützen, wenn man ein 10—20 cm langes und etwa 3 mm weites Glasrohr so richtet, dass die Strahlen dasselbe in paralleler Richtung passiren. Man erkennt die richtige Stellung leicht daran, dass auf den Blättern ein heller, genau kreisförmiger Fleck, umgeben von einem dunklen Ringe, sichtbar wird. Auf diesem Wege sieht man leicht, dass zwar die Foliola die mannigfaltigste Stellung im Raum einnehmen, dass aber ihre Fläche überall den gleichen Winkel mit den einfallenden Strahlen einschliesst. Diese Wahrnehmungen im Freien machen es schon in hohem Grade wahrscheinlich, dass wir es auch bei den Robiniablättchen mit photometrischen Organen in ganz analoger Weise zu thun haben, wie bei den Sprossen der Vaucheria, der Kresse etc. Es lässt sich mit Sicher-

heit voraussetzen, dass die beobachteten Blattstellungen zurückführbar sind auf die Fähigkeit der Blättchen, eine Stellung anzunehmen, welche der augenblicklich herrschenden Lichtintensität entspricht. Unsere Gelatine-Tusche-Prismen gestatten uns dafür auch den exacten Beweis zu liefern und zwar mit grosser Einfachheit und Leichtigkeit.

Wir experimentiren wieder im Freien mit Blättern, welche noch intakt am Baum sitzen und befestigen bei hellem Sonnenschein ein Blatt der Robinia so, dass seine Längsachse senkrecht zu der Richtung der Sonnenstrahlen steht, und dass es ausserdem einen Winkel von ca. 45 ^{0} mit der Horizontalen bildet. Die Oberseite ist der Sonne zugekehrt, die Blättchen neigen sich daher mehr oder weniger zusammen, etwa unter einem Winkel von 60^0. Jetzt bringen wir vor das Blatt eine Tuscheplatte, welche ebenfalls rechtwinkelig von der Sonne getroffen wird; wir orientiren dieselbe derart, dass das dickere, dunklere Ende der Basis, das hellere der Spitze des Blattes gegenübersteht. Nach ½ bis 1 Stunde, je nach den Witterungsverhältnisssen, hat sich das Bild völlig verändert. Die obersten Blättchen divergiren um ca. 70^0, die unteren (dunkleren) um 130—140^0. Die zwischenliegenden Paare vergrössern allmählich ihre Divergenz, wenn wir von der Spitze zur Basis fortschreiten. Die ganze Stellung bleibt bei Constanz der Beleuchtung ebenfalls constant. Jetzt wird die Platte umgekehrt, die dunkle Seite steht der Spitze, die helle der Basis gegenüber. Es dauert nicht lange, so hat sich auch der Divergenzwinkel der Blättchenpaare umgekehrt. Wir finden an der Basis ca. 70^0, jedes folgende Paar divergirt etwas mehr, das oberste schliesst einen Winkel von ca. 130^0 ein. Variation in den häufig wiederholten Versuchen trat nur insofern ein, als bei gelinder Trübung in der Luft der Divergenzwinkel der Blättchen sich am ganzen Blatt vergrösserte, zuweilen so weit, dass die dunkelsten Paare fast gerade d. h. unter einem Winkel von 180^0 standen. Bei weiter gehender Verdunkelung der Sonne traten mehr Blättchen in die volle Flächenstellung ein, nur die unter dem hellsten Theil der Platte befindlichen divergirten noch etwas. Schliesslich, bei weiterer Verminderung der Helligkeit durch Wolken oder durch Auflegen eines weissen Leinentuches kann man die sämmtlichen Blättchen, welche sich hinter einem Tusche-Prisma befinden, zur vollen Ausbreitung bewegen. Bei länger dauernder Stellung hinter der beschatteten Platte trat mehrfach eine schwache Torsion in den Gelenken derjenigen Blättchen ein, welche am dunkelsten standen. Diese wurden dadurch schräg gegen den helleren Theil gedreht, offenbar weil von dort das meiste Licht kam.

Bei genauer Betrachtung verschiedener Blätter ergibt sich sofort, dass die Foliola nicht an allen unter denselben Lichtverhältnissen befindlichen Blättern gleichmässig divergiren. In der Regel war die Neigung zur Profilstellung der Blättchen um so grösser, je geringer die voraufgegangene Beleuchtung war. Auf der Nordseite des Baumes stehende Blätter neigten demnach, in die Sonne gebracht, sich stärker zusammen als diejenigen, welche täglich auf der Südseite den Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen waren. Die Lichtstimmung wechselt also hier in analoger Weise, wie bei phototaktischen und orthophototropischen Pflanzen. Es war nun wünschenswerth, die genannten Resultate durch Zahlen zu belegen. Ich bestimmte daher den Winkel, welchen zwei Blättchen eines Paares mit einander bilden, dadurch, dass ich zwei Messingstreifen wie die Schenkel eines Zirkels mit einander vereinigte und dieselben von aussen an die Mittelrippen anlegte. Die Stellung der beiden Schenkel, welche relativ schwer gegen einander beweglich waren, wurde auf Papier abgezeichnet und dann der Winkel gemessen. Das Verfahren ist roh, man erhält aber trotzdem bei einiger Uebung ziemlich genaue Werthe; complicirtere Methoden anzuwenden war schon deswegen nicht rathsam, weil es unbedingt erforderlich war, die 10—12 Paare eines Blattes rasch hinter einander zu messen. Vergeht lange Zeit von der Messung des unteren bis zu der des oberen Paares, so können inzwischen schon merkliche Veränderungen wegen ab- oder zunehmender Helligkeit eingetreten sein. Ich gebe hier einige der so gewonnenen Zahlen.

Am 3. Oct. wurden 2^h 45 Nachmittags zwei Blätter durch Tuscheplatten verdunkelt. A war an der Spitze hell, an der Basis dunkler, B umgekehrt an der Basis hell. 3^h 30 wurde gemessen. Blatt C war nicht verdunkelt, die Blättchenwinkel derselben wurden um 4^h bestimmt.

Blattpaar	A	B	C
1	86°	118°	107°
2	101°	114°	102°
3	113°	116°	98°
4	116°	105°	102°
5	125°	104°	101°
6	126°	101°	94°
7	123°	100°	97°
8	128°	95°	101°
9	129°	81°	102°
10	132°	70°	
11	132°		

Betrachten wir zunächst C, so finden wir zwischen den oberen, unteren und mittleren Blättchen keine wesentliche Differenz, die vorhandenen Abweichungen in den Divergenzwinkeln sind indess nicht in erster Linie auf Messfehler zurückzuführen, sondern sie sind, wie die blosse Betrachtung lehrt, in Wirklichkeit vorhanden. Die Spindel ist nämlich nicht immer lang genug, um allen Blättchen das Ausbreiteu resp. die Einstellung genau in derselben Ebene zu gestatten; sie greifen mit den Rändern etwas über einander und daraus resultirt dann ein etwas verschiedener Winkel benachbarter Blätterpaare. So erklärt es sich, dass unter Umständen heller beleuchtete Blättchen etwas mehr divergiren, als nebenstehende wenig stärker beschattete. Das stört aber das Resultat nicht, man sieht auf den ersten Blick, dass vom helleren zum dunkleren Ende bei A und B sich die Divergenz successive vergrössert. Wenn C trotz der Besonnung relativ weit geöffnete Winkel zeigt, so ist das darauf zurückzuführen, dass dies Blatt zu einer Zeit gemessen wurde, wo bereits die Sonne etwas tiefer stand als in dem Augenblick, in welchem die Winkel bei A und B bestimmt wurden. Viel beweiskräftiger noch sind die Versuche, in welchen die Platten vor ein und demselben Blatt umgekehrt wurden. Die folgenden Tabellen geben Beispiele von derartigen Experimenten. Eine Expositionszeit von ½—1 Stunde genügte vollständig, um die Blätter in die Ruhelage überzuführen. Messungen, welche provisorisch etwa ¼ Stunde vor der definitiven Winkelbestimmung vorgenommen wurden, lieferten dafür den Beweis.

I.

Blattpaar Nr.	Basis hell v. 11—12 h Messung 12 h	Spitze hell von 12—1 h Messung 1 h	Differenz
1	108°	92°	— 16°
2	112°	94°	— 18°
3	109°	98°	— 11°
4	114°	106°	— 8,0°
5	93°	99°	+ 6,0°
6	102°	101°	— 1°
7	100°	105°	+ 5°
8	89°	105°	+ 16°
9	86°	103°	+ 17°
10	91°	110°	+ 19°

II.

Blattpaar Nr.	1 h — 2 h 30 Basis hell Messung 2 h 30	2 h 30 — 3 h 10 Spitze hell Messung 3 h 10	Differenz
1	142°	121°	— 21°
2	129°	103°	— 26°
3	104°	99°	— 5°
4	90°	94°	+ 4°
5	83°	84°	+ 1°
6	74°	87°	+ 13°
7	75°	90°	+ 15°
8	73°	94°	+ 21°
9	67°	92°	+ 25°
10	66°	92°	+ 26°

Die Tabellen geben keine ganz glatten Zahlen, was ohne weiteres aus dem hervorgeht, was wir auf Grund der Beobachtungen an dem Blatt C (S. 236) erörterten. Dazu kommen individuelle Differenzen der Blättchen etc. Nichts destoweniger zeigen sie höchst evident, dass bei Umkehrung einer Tuscheplatte vor einem Blatt die mittleren Foliola annähernd ihre Stellung behalten, während die Winkel um so stärker verändert werden, je weiter die Blättchen von dieser bezüglich ihrer Helligkeit unveränderten Zone entfernt stehen. Man sieht höchst deutlich, dass auf der verdunkelten Seite der Winkel genau um so viel vergrössert wird, als er auf der stärker beleuchteten sinkt. In dem unter II. mitgetheilten Versuch divergirten trotz gleichmässiger Beleuchtung aus nicht zu ermittelnden Gründen die Blättchen an der Spitze vor dem Versuch wesentlich stärker als an der Basis. Gerade desshalb wurde das betr. Blatt ausgewählt, aber auch hier zeigt die Winkeldifferenz eine völlige Uebereinstimmung mit dem, was wir oben auf Grund blosser Beobachtung im Freien forderten.

Obwohl Niemand daran zweifeln dürfte, dass die geschilderten Bewegungen durch die leuchtenden, nicht aber durch die Wärmestrahlen hervorgerufen werden, habe ich doch eine Reihe von Controlversuchen in dieser Richtung angestellt, welche das zu erwartende Resultat gaben, dass die Blätter hinter parallelwandigen Wassergefässen und bei constanter Temperatur die Lichtbewegungen zeigten, im Schatten einer Jod-Schwefelkohlenstofflösung dagegen sich ausbreiteten resp. zurückkrümmten.

Es ist häufiger die Frage aufgeworfen worden, ob etwa eine Beeinflussung der einzelnen Theile eines Blattes stattfände. Die Ver-

suche ergeben ohne Weiteres, dass ein Paar von Blättchen das benachbarte nicht beeinflusst. Jedes Paar nimmt für sich seine Stellung ein. Es ist das ohne Weiteres auch dann ersichtlich, wenn die obere Hälfte eines Blattes besonnt, die untere beschattet ist resp. umgekehrt. Die beschatteten Theile stehen dann ausgebreitet, die besonnten in Profilstellung. Möglich wäre noch eine Wechselwirkung zwischen den beiden Blättchen eines Paares in der Weise, dass die Beschattung des einen eine Veränderung in der Stellung des gegenüberstehenden herbeiführte. Auch dafür konnte kein Beweis erbracht werden; indess waren die Versuche, bei welchen die eine Längshälfte eines Blattes beschattet wurde, nicht präcis genug, um hier eingehendere Besprechung zu verdienen.

Als wesentliches Resultat aus den Beobachtungen ergibt sich die Thatsache, dass die Blätter der Robinia in hervorragendem Maasse photometrisch sind; jede Veränderung der Lichtintensität beantworten sie mit einer veränderten Stellung der Spreite. Es entspricht demnach zunächst jeder im Versuch zur Geltung kommenden Helligkeit eine bestimmte Blattlage, oder präciser ausgedrückt, das Blatt lässt Licht von bestimmter Intensität unter einem genau definirten Winkel auf sich wirken. Der Lichteinfallswinkel hängt wieder von der Stimmung der Blätter ab; bei gleicher Intensität haben niedrig gestimmte Blätter einen kleineren Einfallswinkel als höher gestimmte. Die Profilstellung der Robiniablättchen tritt bei einer gewissen Lichtintensität ein; sie bleibt auch dann unverändert, wenn die Helligkeit überschritten wird, welche eben gerade genügte, um die Foliola den Sonnensstrahlen parallel zu richten. Das geht genügend aus allen Betrachtungen im Freien hervor. Sinkt die Intensität unter die genannte Schwelle, so stellt sich das Blättchen unter einem Winkel gegen die einfallenden Strahlen, welcher sich um so mehr einem Rechten nähert, je mehr die Helligkeit an eine zweite untere Grenze herankommt. Mit Erreichung dieser letzteren stellt sich jedes Blättchen senkrecht zum einfallenden Strahl; es verharrt auch in derselben, resp. sucht die rechtwinkelige Stellung auf, wenn die Intensität weiterhin sinkt. Das geht wieder bis zu einer gewissen unteren Grenze; an dieser hört die Flächenstellung der Foliola auf, sie biegen sich rückwärts und begeben sich in die Nachtstellung. Ob auch hier wieder jeder Helligkeit eine bestimmte Stellung der Blättchen entspricht, wurde nicht untersucht; nach den Erfahrungen in hellerer Beleuchtung ist dies nicht unwahrscheinlich.

Phaseolus multiflorus.

Die Bewegungen der Foliola des Bohnenblattes sind zwar schon häufig beschrieben, immerhin mögen noch einige Punkte hervorgehoben werden, wenn auch Experimente mit den Tuscheprismen an dieser Pflanze nicht angestellt werden konnten. Eingehende Beobachtung ergab, dass ebenso wie bei Robinia das untere Stielgelenk an den Bewegungen völlig unbetheiligt ist. Die Blättchen stehen im Schatten horizontal resp. nach der Seite gerichtet, von welcher das stärkste Licht kommt, das ist bekannt genug. Sobald aber Morgens die Sonnenstrahlen merkbar werden (Mitte September, wo ich die Beobachtungen anstellte, schon um 6 Uhr), stellen sich die einzelnen Blättchen unter einen bestimmten Winkel gegen die Sonne. Das wird noch auffälliger gegen 8 Uhr, dann steht ein Blättchen mit seiner Fläche ziemlich genau senkrecht zu den Sonnenstrahlen, ein zweites bildet einen Winkel von 30—45^0 mit denselben, ein drittes steht annähernd in Profilstellung. Die Einfallswinkel der Strahlen verringern sich gegen Mittag an allen 3 Blättchen und zwischen 12 und 1 Uhr sind alle in die Profilstellung eingerückt. Gegen 3 Uhr beginnt die rückläufige Bewegung, zunächst ist dieselbe an einem Blättchen bemerklich, welches rascher als die beiden anderen sich erhebt, um wieder etwa um 4 Uhr senkrecht zu den Sonnenstrahlen zu stehen. Die beiden übrigen folgen langsamer. Um 4¼ Uhr wurde der Standort der Bohnen durch Bäume beschattet, um 4¾^h waren alle Blättchen ausgebreitet. Diese Erscheinungen wiederholten sich an allen hell sonnigen Septembertagen. Standen Wolken am Himmel, so begann die Profilbewegung (der Ausdruck sei der Kürze halber gestattet) sofort nach dem Verschwinden derselben. War die Luft trotz des Sonnenscheins dunstig, so wurden die Blättchen auch über Mittag nicht vollvollständig in die Profilstellung übergeführt. An solchen Tagen nehmen die Foliola zwischen 12 und 1 Uhr häufig dieselbe Stellung ein, wie an ganz hellen Tagen etwa um 9 Uhr.

Das alles stimmt also ganz unverkennbar mit den Vorgängen bei Robinia überein und bedarf kaum einer weiteren Discussion, auch ohne Experimente liegt das klar. Man könnte hier einwenden, dass die z. B. um 9 Uhr beobachteten Stellungen nicht etwa Blattlagen seien, welche der mometan herrschenden Helligkeit entsprechen, sondern nur Durchgangsstadien zur vollen Profilstellung. Das wird indess durch die Beobachtung widerlegt, dass die Blätter schon nach ½stündiger Beschattung die Flächenstellung zeigen. Wäre das Licht am Morgen um 9 Uhr im Stande, eine wirkliche Profilstellung herbeizuführen, so

würde dieselbe demnach auch um diese Zeit eintreten und nicht erst um 12 Uhr.

Auf einen Umstand noch etwas eingehender hinzuweisen, erscheint nicht ganz überflüssig. Ich erwähnte bereits, dass in den Morgenstunden die drei Blättchen von Phaseolus keineswegs den gleichen Winkel mit den Lichtstrahlen bilden. Man erkennt leicht, dass in Analogie mit Robinia die Lage des eigentlichen Blattstieles einen Unterschied in den Stellungen der Blättchen gegen die Sonne bedingt. Zeigt der Blattstiel nach Norden, so ist das Endblättchen dasjenige, welches am längsten einen relativ grossen Einfallswinkel besitzt, während die beiden Seitenblättchen früher die Profilstellung annehmen. Zeigen die Blattstiele nach Osten oder Westen, so pflegt das linke oder rechte Seitenblättchen (das von der Sonne abgekehrte) noch um 9 Uhr Morgens senkrecht zu stehen, während sich das Endblättchen und das andere Seitenblättchen um dieselbe Zeit bereits der Profilstellung, das eine mehr, das andere weniger, nähern. Weist endlich der Blattstiel nach Süden, so nimmt das Endblättchen zuerst die Profilstellung ein, die beiden Seitenblättchen folgen erst später. Als Regel ergibt sich daraus, dass stets das der Sonne nächststehende (vordere) Blättchen zuerst die Profilstellung annimmt, das am weitesten abgekehrte (hintere) zuletzt, wobei es vollständig gleichgiltig bleibt, ob gerade ein Endblättchen oder ein Seitenblättchen vorn liegt. Die drei Foliola sind also jedenfalls in dieser Richtung völlig gleichwertig. Damit hängt weiter zusammen, dass bei mittlerer Helligkeit, etwa 9 Uhr Morgens im September, die Vorderblättchen aller Blätter unter einander parallel stehen, die mittleren ebenfalls und besonders die hinteren, so lange sie noch annähernd in Flächenstellung sind. Das an einem Bohnenbeet sich bietende Bild ist oft so augenfällig, dass es sofort zu der Frage drängt: Woher kommt das? Eine sehr nahe liegende Antwort wäre: Wechselwirkung zwischen den drei Blättchen. Ob diese sehr bequeme Meinung den Thatsachen entspricht, müssen weitere Versuche lehren.

Tropaeolum majus.

Die Primärblätter dieser Pflanze sind in analoger Weise lichtempfindlich wie die Blättchen von Robinia und Phaseolus. Stellt man Keimpflanzen des Tropaeolum, welche nur die beiden ersten Blätter entwickelt haben, in die Sonne, so dass sie möglichst den ganzen Tag den Strahlen derselben unbeschattet ausgesetzt sind, dann beobachtet man am frühen Morgen oder bei leichter Bewölkung, dass die Blätter

sich mit ihrer Vorderseite gegen die Sonnenstrahlen ziemlich genau senkrecht stellen; wenn aber die Sonne, und damit auch die Intensität des Lichtes, steigt, so folgen sie der Sonne nicht mehr, sondern der Einfallswinkel der Lichtstrahlen verringert sich in dem Maasse, als die Sonne sich über dem Horizont erhebt, er ist über Mittag am geringsten, um gegen Abend wieder zuzunehmen und schliesslich auf den Werth von 90° zu steigen. Diese Erscheinungen sind schon deutlich erkennbar an Exemplaren, welche man unbeweglich an einem sonnigen Platz stehen lässt. Es kommen aber hier allerlei Complicationen vor, bestehend in Seitwärtsbiegungen der Blätter etc., welche die Beurtheilung erschweren. Viel deutlicher tritt das alles in die Erscheinung, wenn man die Töpfe mit dem Tropaeolum ständig dem Gang der Sonne entsprechend dreht. Dann bleiben im günstigsten Fall seitliche Biegungen der Blätter resp. des Blattstieles aus und man beobachtet weit klarer, dass die Blätter anfangs unter einem Winkel von 50—60° gegen den Horizont und damit senkrecht zu den Sonnenstrahlen gestellt sind, dass sie aber gegen Mittag sich in entgegengesetzter Richtung wie die Sonne bewegen. Während die letztere steigt, wird der Winkel, welchen das Blatt mit dem Horizont bildet, stetig auf fast 90° und mehr vergrössert, damit aber der Einfallswinkel der Strahlen verkleinert. Dieser letztere Winkel steigt am Nachmittag oder wenn leichte Wolken, Vorhänge etc. die Sonne verdecken.

Auch hier versuchte ich Messungen, wenigtens in den Experimenten, in welchen die Pflanzen mit der Sonne gedreht und damit seitliche Verschiebungen der Blätter thunlichst vermieden wurden. Unter den Blättern wurde eine Glasplatte in genau horizontaler Lage hingelegt. Dann stellte ich ein Stück Cartonpapier, dessen unterer Rand gerade geschnitten war, auf die Glasplatte, richtete dasselbe mit der Vorderkante gegen die Sonne, brachte das Auge in gleiche Höhe mit dem Blattrande, so dass das Blatt möglichst genau von der Kante gesehen wurde und markirte dann auf dem Carton die Lage des Blattes durch einen Strich; dieser letztere gab in Verbindung mit dem Unterrand des Cartons die Neigung der Blattfläche gegen den Horizont an. In Verbindung mit der Erhebung der Sonne über den Horizont, die für alle Orte bekannt resp. leicht zu bestimmen ist, lässt sich daraus der Winkel, welchen Sonnenstrahlen und Blattfläche bilden, leicht berechnen.

Diese Berechnung liefert indess nur dann halbwegs brauchbare Resultate, wenn die durch Sonne und Beobachtungsobject gelegte vertikale Ebene mit der Blattfläche einen rechten Winkel bildet. In

jedem anderen Fall wird zwar die Bestimmung der Blattlage zu den Sonnenstrahlen nicht unmöglich, immerhin aber soweit erschwert, dass ich sie zunächst nicht ausführen konnte.

Da die Versuche an Tropaeolum nur im Freien ausgeführt werden können, misslangen die genannten Messungen bei einigem Wind mehr oder weniger vollständig, auch stellten sich dann die auf dünnen Stielen leicht begweglichen Blattflächen nicht so glatt auf die verschiedenen Intensitäten ein. Immerhin konnte ich einige Bestimmungen durchführen, von welchen ich hier zwei wiedergebe. Leider hielt die Sonne niemals den ganzen Tag aus, insofern sind also die Tabellen nicht vollständig. Ausreichendes ist eben, wenn man nicht complicirte Vorkehrungen treffen will, nur an windstillen Tagen mit heller Sonne vom frühen Morgen bis zum späten Abend zu erlangen.

I.

2 Tropaeolumkeimlinge mit je 2 Blättern wurden am 20. Aug. 1891 im Freien aufgestellt und stets in der eben beschriebenen Weise entsprechend dem Gange der Sonne gedreht.

	Einfallswinkel für Blatt Nr.			
	1 a	1 b	2 a	2 b
8 h Vorm. Schwache Wolken	90°	90°	90°	90° [1]
9 h 45 Schwache Wolken	92°	90°	99°	97°
11 h 45 Seit 10 h helle Sonne	59°	60°	64°	59°
1 h 30 Helle Sonne	63°	63°	69°	28° [2]
3 h Seit 1 h 40 mässig dichte Wolken	86°	89°	92°	78°

Später wurden die Wolken so dicht, dass der Stand der Sonne nicht mehr genau erkennbar war.

---

1) Nach Schätzung.
2) Blattstiel durch Unvorsichtigkeit verbogen.

II.

21. Aug. 1891 2 Pflanzen wie am Tage zuvor.

	Einfallswinkel für Blatt Nr.			
	1 a	1 b	2 a	2 b
6 h 15 Vm. Sonne	95°	88°	92°	97°
7 h 15 Sonne	85°	64°	82°	75°
8 h Sonne	57°	74°	68°	71°
9 h 30 ganz schwache Wolken	49°	65°	58°	62°
10 h 15 helle Sonne	45°	54°	45°	45°
11 h 15 ganz schwache Wolken	40°	51°	40°	40°
1 h 15 mässige Bewölkung	56°	61°	46°	46°
2 h 30 desgl.	55°	68°	53°	53°
4 h 30 dicke Wolken	44 (?)°	79°	57 (?)°	83°

Die Tabellen ergeben sehr deutlich eine Bestätigung des oben Betonten, besonders zeigen sie, wie in den Morgenstunden oder bei schwacher Bewölkung der Einfallswinkel 90° beträgt, um mit steigender Sonne sich zu vermindern. Die Vergrösserung desselben am Nachmittage mit sinkender Sonne ist wegen der häufig dichten Wolken nicht immer zur Geltung gekommen. Man erkennt unter solchen Umständen, dass die Blätter sich beliebig gegen den Himmel richten weil überall gleichmässige Beleuchtung herrscht. Die auffallende Stellung gegen den Horizont, welchen Blatt 1 a und 2 b um 4 h 30 bei relativer Verdunkelung zeigen (die Blätter standen vertikal, was in der Tabelle nicht zur Anschauung kommt), dürfte die von Darwin[1]) beschriebene nyctitropische Bewegung der Blätter repräsentiren, wie überhaupt vielleicht ein Theil der bei dichter Bewölkung eintretenden Blattlagen auf Rechnung dieser Vorgänge zu setzen ist. Es galt weiter, diese

1) Darwin, Bewegungsvermögen der Pflanzen S. 287.

Resultate durch Versuche mit Tuscheprismen zu bestätigen. Ganz junge Keimpflanzen von Tropaeolum wurden in gleichmässigen Abständen in einen Kasten von ca. 25 cm Länge und 8 cm Breite eingepflanzt. Nachdem sie gut angewachsen waren, wurde eine solche Cultur mit dem schon bei der Untersuchung von Volvox etc. benutzten an zwei Seiten mit Tuscheprismen versehenen Kasten überdeckt. Derselbe wurde so orientirt, dass die Sonnenstrahlen fast senkrecht auf das eine der beiden Prismen fielen. Die Helligkeitsabstufung war eine ziemlich starke. Der Kasten enthielt 6 Pflänzchen mit je 2 Blättern. Die im dunkelsten Theil des Kastens stehenden Blätter wendeten sich gegen das helle Ende so, dass Sie fast senkrecht zu den Tuscheplatten orientirt waren, die folgenden kehrten sich mehr nach vorn und schliesslich zeigten die am hellen Ende befindlichen mit ihrer Vorderseite gegen die Sonne, die hellsten einen Winkel von weniger als 90^0 mit den Sonnenstrahlen bildend. Das alles wiederholte sich in vielen Versuchen; bei bedecktem Himmel war die Neigung gegen die helleren Theile des Keils grösser, als bei Besonnung. Für diese Zwecke reichte das kleinere Plattenformat nicht immer aus, ich verwandte daher grössere von 55 cm Länge und 45 cm Breite. Eine solche Platte wurde schräg aufgestellt, so dass die Sonnenstrahlen senkreckt auf dieselben fielen. Unter die Platte kam eine Reihe von Tropaeolumkeimlingen, welche in Kästen ausgepflanzt waren. Bis zu 12 Pflanzen mit je 2 Blättern fanden hinter dem Prisma Platz. Alles Seitenlicht wurde durch ein schwarzes Tuch, welches von den Rändern der Tuscheplatte bis auf den Tisch herabhing, abgeschlossen. Das Bild, welches sich bot, wenn Platten gewählt wurden, in welchen die Helligkeit vom dünneren nach dem dicken Ende relativ rasch abnahm, war ein sehr instructives. Am dickeren Ende des Prismas war eine unverkennbare Neigung der Blätter vorhanden, sich dem dünneren Ende zuzukehren, allmählich folgten Blätter, welche sich parallel dem Prisma, aber senkrecht zu den Sonnenstrahlen stellten und schliesslich, am hellsten Ende, war der Einfallswinkel der Strahlen kleiner als 90^0. Wird die Lichtabsorption im Prisma durch die Veränderung der Gelatine-Tusche-Füllung mehr oder weniger verringert, so wird das Bild insofern verändert, als bei geeigneter Auswahl der Helligkeit die Wendung der dunkelsten Blätter nach der helleren Seite unterbleibt. Dann ist das Resultat fast noch lehrreicher als im vorhergehenden Fall. Am dunkleren Ende steht eine Anzahl von Blättern genau senkrecht zu den Sonnenstrahlen, je mehr wir uns aber dem helleren Ende nähern, um so mehr weicht der Einfallswinkel von 90^0 ab und am

hellsten Ende kommt die Orientirung des Blattes derjenigen frei an der Sonne stehender Exemplare ziemlich nahe, bei welchen ebenfalls der Einfallswinkel weit kleiner war als 90°.

Hier sind Winkelbestimmungen noch schwieriger, weil man diese Messungen nur vornehmen kann, nachdem die Pflanzen unter der Platte hervorgeholt sind; es stört also nicht bloss etwaiger Wind, sondern man muss sich auch sehr beeilen, wenn Veränderungen der Blattstellung infolge veränderter Beleuchtung vermieden werden sollen. Immerhin glückten wenigstens die zwei im Folgenden mit getheilten Bestimmungen soweit, dass sie zur Bestätigung dessen dienen, was auch schon der blosse Augenschein unzweideutig lehrt.

I.

3 neben einander stehende Pflanzen, von welchen ein Blatt (1^a) beschädigt und verbogen war, standen bis $12\frac{1}{2}^h$ unter dem helleren Ende eines Tuscheprismas von sehr geringem Absorptionscoëfficienten, so dass 1^a das meiste Licht empfing. Nachdem die Winkel bestimmt waren, wurden die Pflanzen nach dem dunkleren Ende um 20 cm verschoben, worauf wieder um 1^h 15 die Winkel gemessen wurden. Die folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Werthe, welche einfach die Neigung des Blattes gegen die Erdoberfläche angeben, ohne auf die Stellung der Sonne Rücksicht zu nehmen. Letztere ist übrigens unschwer zu berechnen, wenn man berücksichtigt, dass am 4. Sept., an welchem Tage der Versuch angestellt wurde, die Erhebung der Sonne über den Horizont etwa 45° betrug.

Blatt Nr.	11^h 30 hell	1^h 15 dunkler	Differenz
1^a	85°	84°	1°
1^b	82°	79°	3°
2^a	75°	68°	7°
2^b	68°	61°	7°
3^a	81°	70°	11°
3^b	75°	68°	7°

Da durch die Anstellung des Versuches alle Blätter um gleiches Maass verdunkelt waren, ist auch überall annähernd die gleiche Winkelveränderung erfolgt, welche, wie ohne Weiteres ersichtlich, den Einfallswinkel vergrössert hat.

II.

7 Pflanzen standen in einer Reihe unter einem Keil, welcher an seinem dickeren Ende dunkler war, als der im vorigen Versuch verwendete. Um 11^h wurden zum ersten Mal die Winkel bestimmt,

um 1^h 15 zum zweiten Mal, nachdem seit 12^h mässige Bewölkung die directen Strahlen abhielt. Nr. 1 stand am hellsten, Nr. 14 am dunkelsten. Ich gebe auch hier einfach die Winkel, welche das Blatt mit der Horizontalebene einschliesst; da die Sonnenstrahlen mit derselben Ebene zur Zeit der Beobachtung einen Winkel von etwa 45^0 bildeten, so ist durch eine einfache Ueberlegung ersichtlich, dass die Blätter zu den Sonnenstrahlen senkrecht standen, wenn sie gegen die Erdoberfläche um etwa 45^0 geneigt waren.

	11^h	1^h 15	Differenz
1 (hell)	70^0	49^0	-21^0
2	65^0	45^0	-20^0
3	72^0	60^0	-12^0
4	64^0	55^0	-9^0
5	63^0	46^0	-17^0
6	59^0	51^0	-8^0
7	51^0	41^0	-10^0
8	52^0	38^0 (?)	-14^0
9	54^0	56^0	$+2^0$
10	45^0	44^0	-1^0
11	50^0	48^0	-2^0
12	49^0	50^0	$+1^0$
13	41^0	47^0	$+6^0$
14 (dunkel)	50^0	53^0	$+3^0$

Ohne allen Commentar zeigt die Tabelle, dass die Blätter bei hellem Sonnenschein unter dem dunkleren Theil des Prismas senkrecht zu den einfallenden Strahlen stehen, unter dem helleren aber einen Winkel mit denselben bilden, welcher geringer ist als ein Rechter. Sobald die Helligkeit sinkt, nehmen alle Blätter eine zum Strahlengang rechtwinkelige Stellung ein.

Ich meine, es bedarf nach dem Gesagten keiner weiteren Erörterung mehr, um zu seigen, dass die Blätter von Tropaeolum in allen Punkten mit Robinia übereinstimmen; sie weichen nur in der Lichtstimmung ab. Die Tropaeolumblätter sind höher gestimmt als diejenigen von Robinia und Phaseolus, deswegen kommt eine vollständige Profilstellung nicht zu Stande. Könnte man die Intensität des Lichtes hinaufschrauben, so würde man, daran ist nicht zu zweifeln, volle Profilstellung erzielen. Tropaeolum zeigt aber besonders deutlich, wie die Blätter die Flächenstellung einnehmen, sobald die Intensität unter ein gewisses Maass sinkt.

Andere dorsiventrale Pflanzentheile.

Die an Tropaeolum, Robinia und Phaseolus nachgewiesene Photometrie ist natürlich nicht auf diese Pflanzen beschränkt, sondern stellt eine ganz allgemeine Eigenschaft dorsiventraler Organe überhaupt dar. Ueberblicken wir alle hier in Frage kommenden Erscheinungen, so wird man unterscheiden müssen zwischen denjenigen Blättern resp. Sprossen, welche im Stande sind, ihre Lage rasch zu ändern und demgemäss jede kleine Veränderung der Lichtintensität mit einer Stellungsänderung zu beantworten, und solchen, welche träger sind, indem sie im Lauf eines Tages ihre Stellung kaum ändern, trotzdem aber auf die Beleuchtungsverhältnisse ihres Standortes prompt reagiren.

Zu der erstgenannten Gruppe gehören wohl alle mit Gelenkpolstern begabten Blätter und deren ist eine grosse Zahl. Ich selbst konnte durch Anwendung der Tuscheprismen an Acacia lophantha und Cassia marylandica dieselben Erscheinungen hervorrufen, wie an Robinia. Ausserdem sind Gelenkblätter, welche im diffusen Licht Flächenstellung, im Sonnenlicht aber Profilstellung annehmen, sei es durch Hebung oder Senkung der Blattfläche, so häufig beschrieben worden, dass es nicht einmal nöthig erscheint, die Litteratur zu citiren. Nur darauf sei hingewiesen, dass selbst diejenigen mit Stielpolstern versehenen Organe hierher gehören dürften, von welchen angegeben wird, dass sie sich auch zu den directen Sonnenstrahlen senkrecht stellen. Solche Blätter sind entweder so hoch gestimmt, dass unser normales Licht nicht ausreicht, um den Einfallswinkel unter 90° herabzusetzen, oder aber die Beobachter haben den Einfallswinkel und die Lichtverhältnisse nicht richtig beurtheilt. Das war z. B. der Fall bei Vöchting.[1] Derselbe beobachtete, dass die Blätter von Malven sich im Freien Morgens mit einer nicht unerheblichen Neigung gegen den Horizont gen Osten kehrten, Mittags ziemlich genau horizontal standen, um sich am Nachmittag gegen Westen zu wenden. Da in unseren Breiten die Erhebung der Sonne über den Horizont am Mittage während des Juli etwa 50—60° betragen mag, so ist ersichtlich, dass der Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen Vöchting's Malvenblätter am Mittag trafen, von einem Rechten nicht unerheblich (um 40—30°) abwich. Das stimmt aber mit meinen Beobachtungen an Tropaeolum durchaus überein. Irrelevant ist es natürlich, dass sich die Tropaeolumblätter der Vertikalen, die Malvenblätter der Horizontalen nähern. Immerhin sind die Malven höher gestimmt als Robinia und Phaseolus.

---

1) Vöchting, Lichtstellung der Laubblätter. Bot. Zeit. 1888.

Viele derjenigen Blätter, welche Stellungsänderungen durch Wachsthumsdifferenzen herbeiführen, sind unzweifelhaft auf gewissen jugendlichen Entwicklungsstadien nicht minder beweglich als die Gelenkblätter und bei vielen bleibt auch die rasche Beweglichkeit sehr lange erhalten (Tropaeolum). Andere dagegen werden mehr oder weniger rasch träge, manche sind es von Jugend auf. Die ersteren bilden den Uebergang zu der zweiten obengenannten Gruppe, als deren Vertreter zunächst die Compasspflanzen genannt sein mögen[1]. Bei diffusem Licht stellen sich die Blätter von Lactuca Scariola, Silphium etc. senkrecht zu den einfallenden Strahlen, im Sonnenlicht nehmen sie die Meridianstellung ein. Diese wird tage- und wochenlang beibehalten, kann aber durch veränderte Beleuchtung modificirt werden so lange die Blätter wachsthumsfähig sind. Die Pflanze sucht sich also, um einmal anthropomorphistisch zu reden, die Stellung aus, welche für ihre Lichtstimmung am günstigsten ist, lässt sich aber durch kleine Lichtschwankungen nicht stören.

Die Compasspflanzen sind relativ niedrig gestimmt, auf höhere Intensitäten sind wohl die meisten Blätter geaicht, welche u. a. Frank[2] untersucht hat. Er constatirte meistens eine senkrechte Stellung zu den Lichtstrahlen, da aber die Versuche meistens bei diffusem Licht angestellt wurden, bezweifle ich gar nicht, dass bei entsprechender Steigerung der Helligkeit analoge Erscheinungen eintreten würden, wie bei den von uns untersuchten Pflanzen.

Unter dem Capitel „Einfluss des Standortes auf die Orientirung der Blätter“ hat Stahl in seiner Arbeit „Ueber den Einfluss des Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter“[3] eine Anzahl von Fällen namhaft gemacht, in welchen die Blätter auf sonnigem Standort Profilstellung erstreben und z. Th. auch erreichen, auf schattigen Localitäten dagegen Flächenstellung einnehmen. Die Wurzelblätter vieler Compositen, Coniferen etc. erstreben im Sonnenlicht Vertikal-, im Schatten Horizontalstellung. Die Blättchen der Umbelliferen variiren in ihrer Stellung je nach Sonne oder Schatten; Faltungen der Spreite (Cirsium, Tanacetum) haben analoge Effecte, die Equiseten richten ihre Seitenäste in der Sonne mehr auf, die kleinen Blätter der Calluna vulgaris sind auf besonnten Haiden dem Stamm angedrückt, im Schatten nicht u. s. w.

Ich möchte noch hinzufügen, dass die Faltung der Blättchen, welche wir an Robinia wahrnahmen, unzweifelhaft hierher zu rechnen

---

1) Stahl, Ueber sog. Compasspflanzen. Jen. Zeitschr. Bd. 15 (1882) S. 381.
2) Frank, Die natürl. wagrechte Richtung von Pflanzentheilen. Leipzig 1870.
3) Jen. Zeitschr. Bd. 16 (1883) S. 187.

ist. Ausserdem bieten die Blätter von Prunus Cerasus, Pyrus, Syringa etc. analoge Erscheinungen dar. Es ist leicht zu verfolgen, dass die Sonnenseite freistehender Bäume Blätter beherbergt, welche gekrümmt resp. in der Mittelrippe gefaltet und mit der stets concaven Oberseite gegen Südost bis Südwest, wenn auch ziemlich unregelmässig, orientirt sind. Die Krümmungen der Lamina können so weit gehen, dass die Blattränder fast auf die Sonne zugekehrt sind. An den Schattenblättern fehlt jede Spur einer Krümmung, die Blattfläche ist durchaus plan.

Wiesner[1]) hat ebenfalls eine Reihe von eigenartigen Fällen aufgeführt. Zudem hat er entgegen den Angaben anderer Autoren durch aufmerksame Betrachtung der Blattlagen im Freien constatirt, dass die Blätter sich nicht auf das stärkste Licht überhaupt, sondern auf das stärkste zerstreute Licht senkrecht stellen; er ist damit dem wirklichen Sachverhalt relativ nahe gekommen, sahen wir doch auch, dass bei stark diffusem Licht die Flächenstellung der Blätter noch gerade gewahrt bleibt.

Es gibt somit kaum ein Blatt, welches im directen Sonnenlicht senkrecht zu den Strahlen stände. Die Einrichtungen, durch welche eine Regulirung des Einfallswinkels erreicht wird, sind ebenso mannigfaltig wie die Bestäubungseinrichtungen der Blüthen, und das eben Gesagte erschöpft die Verhältnisse auch nicht im Entferntesten, sie seien daher eingehender Untersuchung empfohlen, die gewiss manches Interessante zu Tage fördern würde.

Aber nicht bloss für Blätter gilt das Gesagte, es muss wohl auf alle oder doch viele dorsiventrale Organe übertragen werden. Sachs[2]) Beobachtungen an Marchantia, Prothallien von Farnen, am Protonema von Funaria etc., welche sich bei diffusem Licht senkrecht zu den einfallenden Strahlen stellten, weisen darauf hin, dass diese und viele analoge Gebilde mit in die grosse Zahl der photometrischen Pflanzen eingereiht werden müssen, wenn auch die Einzelheiten noch näherer Erforschung bedürfen.

Eine weitere Frage wäre nun: Weshalb reagiren nicht alle dorsiventralen Pflanzentheile ebenso rasch wie Tropaeolum und Robinia? Hat die Trägheit der zweiten eben charakterisirten Gruppe ihren Grund in einer verminderten Lichtempfindlichkeit oder in der veränderten Beweglichkeit? Ich glaube, das Letztere ist der Fall. Wenn wir beobachten, dass die grünen Zellen ihre Lichtempfindlich-

1) l. c. p. 40 ff.

2) Sachs, Ueber orthotrope u. plagiotrope Pflanzentheile. Arb. d. bot. Inst. Würzburg II. S. 226 ff.

keit in fast allen Altersstufen durch Bewegung der Chlorophyllkörper documentiren, so ist kaum anzunehmen, dass die Lichtempfindlichkeit der ganzen Organe schon im relativ frühen Alter erlischt. Ausserdem zeigen die Compasspflanzen und viele andere, dass die Blätter so lange sie überhaupt noch irgendwie wachsthumsfähig sind, auf Beleuchtungsveränderungen prompt antworten, falls dieselben eine gewisse Zeit constant bleiben. In Meridianstellung befindliche Blätter gehen im Schatten in Horizontalstellung über, umgekehrt Schattenblätter in die Meridianstellung, wenn sie mehrere Tage dieselbe Beleuchtung erfahren, und ähnlich ist es mit vielen anderen. Wenn also solche Organe eine mehrstündige Beleuchtungsverschiebung noch nicht durch Stellungsänderungen beantworten, so würde zwar nach unserer Auffassung die veränderte Intensität empfunden werden, aber die Bewegungsorgane geben dieser Empfindung nicht so rasch nach, die Lichtintensität erfährt einen erneuten Wechsel, ehe die infolge des ersten Impulses gegebenen Bewegungen ausgeführt sind, und so muss schliesslich eine Stellung zum Vorschein kommen, welche der in der Versuchszeit dominirenden Helligkeit entspricht.

Im gewissen Sinne analog werden sich diejenigen Blätter verhalten, welche anfangs leicht beweglich sind, später aber diese Beweglichkeit mehr oder weniger einbüssen, um eine fixe Lichtlage anzunehmen. Das Blatt führt gleichsam Schwingungen um die für jeden Standort mittlere Helligkeit aus, die Amplitude derselben ist gross, so lange das Organ eine volle Beweglichkeit besitzt, welche ihm gestattet, allen Intensitätsänderungen prompt zu folgen. Mit der Zeit aber wird die Schwingungsamplitude verringert, um schliesslich gleich Null zu werden. Damit ist die fixe Lage erreicht und zwar der mittleren Helligkeit des Standortes ziemlich genau entsprechend. Diese Ueberlegung macht es in Verbindung mit den bekannten Thatsachen ohne weiteres verständlich, weshalb wir auch unter den Blättern, welche im Alter fast unbeweglich sind, kaum einen Fall vorfinden, in welchen die Fläche senkrecht zu den Strahlen der Mittagssonne gestellt wäre.

Das zuletzt Erörterte gilt zunächst nur für solche Fälle, in welchen der Pflanzentheil sich unter Intensitätsgraden befindet, welche denselben in Lagen zwischen Profil- und Flächenstellung zu richten streben. Ist die Helligkeit dauernd so gering, dass sie das Blatt unter allen Umständen in Flächenstellung bringt, so wird es fixirt, ohne vorher pendelartige Bewegungen um die definitive Lage ausgeführt zu haben. Beispiele hiefür bieten an Waldrändern etc. wachsende Pflanzen in hinreichender Zahl. Das Analoge trifft natürlich zu, wenn die Inten-

sität das für Profilstellung gegebene Maass dauernd überschreitet, dann wird das Blatt sofort in eine Lage eingeführt, welche durch Sistirung der Bewegungsfähigkeit zur fixen wird. Ob dieser letztere Fall in Praxis häufig realisirt ist, mag dahingestellt sein.

Nachwirkungen treten bei den besprochenen Blattbewegungen nicht in dem Maasse hervor, wie bei dem Nyctitropismus. Vollständig fehlen sie indess keineswegs, auch nicht bei Robinia und Tropaeolum, wenn sie auch hier meistens nur für wenige Minuten bemerkbar sind. Zu untersuchen wäre auch noch, wie weit sie bei der dauernden Stellung der Blätter von Compasspflanzen ein Wort mitzusprechen haben.

Frank[1]) hat die Thatsache, dass die Blätter etc. sich senkrecht zu den einfallenden Strahlen zu stellen bestrebt sind, Transversalheliotropismus genannt, Darwin[2]) bezeichnete dieselbe Erscheinung mit dem Namen Diaheliotropismus, nannte aber diejenigen Fälle, in welchen Profilstellung auftritt, Paraheliotropismus[3]). Nachdem ich gezeigt habe, dass alle dorsiventralen Organe bei hohen Intensitäten Profil-, bei schwachen Flächenstellung und bei mittleren schräge Lagen einnehmen, dass also alle Blätter etc. jederzeit sowohl diaheliotropisch als auch paraheliotropisch sind, erscheint es zweckmässig, eine neue Bezeichnung einzuführen. Ich möchte das Wort Plagiophototropie einführen und damit die Thatsache zum Ausdruck bringen, dass alle dorsiventralen Organe eine besondere Lage zum Licht einnehmen, indem sie demselben eine ganz bestimmte Seite zukehren, welche ausserdem einen für jede Intensität des Lichtes bestimmten Winkel mit den einfallenden Strahlen bildet. In der Plagiophototropie ist eine der Eigenschaften gegeben, welche die dorsiventralen Organe namentlich von den radiären unterscheiden, worauf Sachs zuerst klar hingewiesen hat[4]). Radiäre Organe sind in ihren phototropischen Krümmungen von der Richtung der Lichtstrahlen unabhängig, sie sind ausserdem nach allen Seiten hin gleichmässig krümmungsfähig, die dorsiventralen dagegen werden innerhalb gewisser Grenzen von dem Gange der Strahlen beeinflusst. Der Stand der Sonne oder allgemein der dominirenden Lichtquelle und die von dieser ausgehenden Strahlen bestimmen durch ihre Richtung einerseits, durch ihre Intensität anderseits die Stellung des Blattes resp. Sprosses. Ein Unterschied zwischen radiären und dorsiventralen Sprossen besteht auch darin, dass erstere deutlich eine

---

1) Natürl. wagrechte Richtung von Pflanzentheilen S. 77.

2) Darwin, Bewegungsvermögen der Pflanzen, 1881, S. 4.

3) dass. S. 357.

4) Orthotrope u. plagiotrope Pflanzentheile. Würzburger Arb. Bd. II.

bestimmte Helligkeit anzeigen, bei welchen sie gegen das Licht indifferent sind, während man dies von den dorsiventralen Organen kaum sagen kann; ich wüsste nicht wo der Indifferenzpunkt zu suchen wäre, und das erscheint mit Rücksicht auf ihren Bau durchaus erklärlich, ihre Function ist eben eine ganz andere. Denken wir uns einen Spross von Vaucheria, welcher im Optimum der Beleuchtung vertikal steht, plötzlich zu einer dorsiventralen Fläche verbreitert, so müsste er jetzt unbedingt auf seinen Indifferentismus verzichten und zu den Lichtstrahlen „Stellung nehmen" indem er seine Fläche in eine vorgeschriebene Lage zum Licht bringt. Eine indifferente Stellung ist demnach nur möglich bei physiologisch vollkommen radiären Organen.

Dagegen kann man bei dorsiventralen Organen sehr wohl von einem Optimum der Lichtintensität sprechen, und zwar wird man hier unter der optimalen Beleuchtung alle die Helligkeitsgrade verstehen, bei welchen das betr. Organ einen zwischen 0 und 90° liegenden Einfallswinkel herbeiführt. Die Grenze des Optimums nach unten ist gegeben, wenn das Blatt gerade eben die volle Fläche zeigt, die obere Grenze wird mit der Profilstellung überschritten. Innerhalb des Optimums sind alle Intensitätsgrade für die Pflanze deswegen gleichgiltig, weil sie es in der Hand hat, von jeder so gebotenen Lichtmenge ein gewisses Quantum gleichsam aufzufangen. Sind die Grenzen des Optimums für radiäre Organe sehr eng gesteckt, so sind sie für dorsiventrale Organe um so weiter gezogen. Auch das hängt wieder, wie ohne Weiteres ersichtlich, mit dem Bau und der Function der fraglichen Pflanzentheile zusammen und braucht nicht weiter erörtert zu werden. Betonen möchte ich aber die ungemein grosse Uebereinstimmung der plagiophototaktischen und plagiophototropischen Bewegungen, sie stimmen Punkt für Punkt so sehr überein, dass ich oben bereits fast genau dasselbe hervorheben konnte wie hier. Man könnte daher auch die photometrischen Bewegungen zergliedern in orthophotometrische und plagiophotometrische. Indess schien mir die vorgeschlagene Benennung die zweckmässigere zu sein.

III. Resultiren die photometrischen Bewegungen aus einer Combination verschiedener Kräfte?

Auf die Frage: Wie sind die photometrischen Bewegungen zu erklären? muss unsere Antwort lauten: eine volle mechanische Erklärung gibt es für dieselben vorläufig nicht. In Uebereinstimmung mit der heute fast allgemein vertretenen Anschauung zeigen auch meine Versuche, dass die Ursachen für die phototaktischen und photo-

tropischen Bewegungen lediglich im Protoplasma zu suchen sind. Der auf dieses ausgeübte Lichtreiz wird in Ortsveränderungen oder in Krümmungsbewegungen umgesetzt. Damit wird dem Plasma eine Lichtperception zuerkannt, deren Räthsel heute nicht mechanisch zu lösen sind. Ob sie es später sein werden, mag dahingestellt sein. Denkbar wäre z. B., dass man sie einmal auf Processe zurückführte, welche der Zersetzung von Silbersalzen durch das Licht analog sind. Auch hier hängt ja die Umsetzung der Verbindungen von der Lichtintensität ab. Ist die Lichtperception unerklärt, so ist auch die Kette von Vorgängen, welche von dem im Protoplasma wirksamen Reiz bis zu der für uns wahrnehmbaren Bewegung führt, kaum besser bekannt. Zwar wissen wir, dass bei Sprossen und Blättern Wachsthums- und Turgordifferenzen in letzter Instanz die Mittel sind, deren sich die Pflanze zur Ausführung der Bewegungen bedient, auch sind Hypothesen in hinreichender Zahl aufgestellt worden, von welchen die eine oder die andere ein weiteres Eindringen in die Erscheinungen eventuell ermöglicht. Aber volle Klarheit ist hier keineswegs geschaffen und ebenso wenig dürften die bezüglich des mechanischen Zustandekommens der Lichtbewegungen von protoplasmatischen Gebilden aufgestellten Hypothesen ausreichen, um die Kluft zu überbrücken, die in unseren Kenntnissen zwischen der primären Wirkung des Reizes und der schliesslich sichtbaren Reaction besteht.

Da auch meine Versuche auf die genannten Vorgänge kein Licht werfen, kann hier eine Discussion der bezüglich des mechanischen Zustandekommens von heliotropischen Krümmungen eruirten Thatsachen und Hypothesen füglich unterbleiben. Nur so viel mag betont sein, dass die von mir neugefundenen Thatsachen der Phototropie einer Reihe von Auffassungen nicht gerade günstig sind.

Wir nehmen also hier als Thatsache hin, dass sich die Photometrie in Ortsveränderungen einerseits, in Krümmungen andererseits äussert, mögen die letzteren nun durch Wachsthums- oder Turgordifferenzen bedingt sein. Dagegen halte ich es für nothwendig, kurz die Frage zu behandeln, ob die in meinen Versuchen zu Stande kommenden Stellungen und Bewegungen einzig und allein der Ausdruck der Lichtempfindlichkeit sind oder ob z. B. die Blattlage die Combination mehrere Kräfte darstellt.

Was zunächst die phototaktischen Organismen betrifft, so hat Engelmann[1]) gezeigt, dass die Diatomeen und manche andere in

1) Engelmann, Licht- und Farbenperception niederer Organismen. Pflüger's Archiv Bd. 29 S. 387.

ihren Bewegungen ungemein abhängig sind von dem Sauerstoffgehalt des Wassers und unter normalen Bedingungen kaum auf Licht reagiren; er gibt ferner an, dass chlorophyllhaltige Ciliaten, wie Paramaecium Bursaria bei Sauerstoffmangel ganz anders gestimmt sind als bei Sauerstoffanwesenheit, und findet schliesslich in Euglena einen Typus, bei welchem die Lichtreaction vom Sauerstoff in weiten Grenzen unabhängig ist. Demnach würde man sich fragen müssen, ob die bei vielen Pflanzen beobachteten photometrischen Bewegungen thatsächlich solche waren oder ob sie durch Sauerstoff veranlasste chemotaktische Locomotionen darstellten. Die Frage ist hier nicht völlig zu erledigen, weil keine speciellen Experimente vorliegen. Allein ich möchte betonen, dass Verworn,[1] welcher nach Engelmann Navicula u. a. untersuchte, entgegen den Angaben des letzteren, bei dieser Pflanze unter normalen Sauerstoffverhältnissen Phototaxie constatirte. Es ist demnach für mich nicht zweifelhaft, dass alle oben auf S. 201 aufgezählten Organismen rein phototaktische Eigenschaften besitzen, andererseits wird auf Grund der Angaben Engelmann's des Näheren zu untersuchen sein, wie weit gegebenen Falls die photometrischen Eigenthümlichkeiten durch Chemotaxie und ähnliche Processe verdeckt werden können, resp. wie weit die Lichtstimmung vom Sauerstoff beeinflusst wird. Eventuell würde es auf diesem Wege gelingen, der bis dahin recht räthselhaften Photometrie etwas näher zu kommen.

Werden die phototaktischen Bewegungen durch die Schwere beeinflusst? Die Verdunkelung führt bei Volvox eine durchaus gleichmässige Vertheilung im ganzen Culturgefäss herbei, eine bestimmte Richtung der Kugeln zur Erdoberfläche war nicht zu erkennen. Auch bei Aufsuchung der optimalen Helligkeit zeigte sich keine Beeinflussung der Bewegung durch die Geotaxie.[2] Dagegen wäre es möglich, dass die Reihenbildung der weiblichen Individuen unter optimaler Beleuchtung und die Orientirung derselben mit dem Mundende nach oben, bis zu einem gewissen Grade von der Schwere abhängig ist. Einen wesentlichen Einfluss aber hat die Anziehungskraft der Erde auf den ganzen Verlauf der Lichtbewegungen bei Volvox keineswegs. Dass die aufrechte Stellung der Spiragyrafäden ein Resultat negativer Geotaxie

---

1) Max Verworn, Psycho-physiologische Protistenstudien, Jena 1889, S. 46 ff.

2) Vgl. F. Schwarz, Einfluss der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung von Chlamydomonas und Euglena. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 2. — Aderhold, Beitrag zur Kenntniss richtender Kräfte bei der Bewegung niederer Organismen. Jen. Zeitschr. Bd. 22 (1888) S. 310.

sei, darauf hat schon Hofmeister[1]) hingewiesen. Auch ich konnte beobachten, dass die Vertikalstellung unter sehr verschiedenen Bedingungen äusserst häufig eintrat und halte eine Einwirkung der Schwere auf Spirogyren nicht für unwahrscheinlich. Nichts destoweniger besitzen die genannten Pflanzen eine typische Phototaxie, denn nur auf diese ist die eigenartige Bündel- und Colonnenbildung unter den verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen zurückführbar. Es dürfte also auch hier das wesentliche Resultat unserer Versuche durch andere Einflüsse nicht getrübt sein.

Bezüglich der Bewegungen der Chloroplasten sind keine Anhaltspunkte vorhanden, welche eine Beeinflussung durch die Schwere erkennen liessen.

Wir kommen zu den orthophototropen Organen. Die vertikale Stellung derselben im Optimum der Beleuchtung ist wohl nur als eine Wirkung des Geotropismus aufzufassen. Würde man, was freilich nicht ganz leicht sein dürfte, solche Sprosse unter der geeigneten Beleuchtung auf den Klinostaten bringen, so müssten dieselben beliebige Lagen im Raum einnehmen, falls nicht andere Factoren („Substratrichtung" etc.) dies verhinderten. In wie weit die Krümmungen gegen das Optimum combinirte Wirkungen des Geotropismus und der Phototropie sind, lehren Versuche Wiesners[2]), in welchen vertikal stehende Keimlinge mit solchen verglichen wurden, welche bei einseitiger Beleuchtung um eine horizentale Achse rotirten. Pflanzen, welche von der Lichtquelle, die hier annähernd das Optimum darstellte, relativ weit entfernt waren, krümmten sich gleich energisch, ob sie auf dem Apparat gedreht wurden, oder ob sie vertikal standen. In der Nähe des Optimums dagegen war der Eintritt der phototropischen Krümmung an den aufrechten Pflänzchen verzögert, die Ablenkung des oberen Sprossendes von der Vertikalen war an diesen innerhalb der Versuchszeit nicht immer so gross, wie an den rotirenden. Je mehr also die Energie der phototropischen Krümmungen wächst, um so mehr tritt der Geotropismus in den Hintergrund, er wird völlig überwunden, gleichsam latent; nur bei geringer Energie der Phototropie macht er sich zum Mindesten in einer Verzögerung der Richtungsbewegung bemerkbar. Ob er er hier im Stande ist, die durch eine specifische Intensität gebotene Lichtlage dauernd zu beeinflussen, ist mir trotz Wiesner's scheinbar widersprechender Ver-

1) W. Hofmeister, Bewegungen der Fäden der Spirogyra princeps. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg 30. Jahrg. (1874) S. 211.

2) l. c. I. p. 194.

suche zweifelhaft. Uebertragen wir das auf unsere Versuche, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Sprosse, welche sich vom Optimum weit entfernt in horizontaler Lage direct auf dieses zuwandten (vgl. auch N. J. C. Müller's in Fig. 7 wiedergegebene Zeichnung), rein phototropische Krümmungen aufwiesen. Die schwächeren Krümmungen in der Nähe des Optimums sind zeitlich sicher von Geotropismus beeinflusst, ob die difinitive Lage der Sprosse gegen das Optimum nicht aber doch ausschliesslich durch das Licht bestimmt wird, müssen weitere Versuche zeigen. Ich halte das für sehr wahrscheinlich.

Wiesner hat dann Versuche angestellt über die Beziehungen zwischen Lichtintensität, Heliotropismus und Längenwachsthum. Er fand, dass die grösste Intensität, bei welcher — allseitige Beleuchtung verausgesetzt — eben noch Längenwachsthum stattfindet, bei manchen Pflanzen über, bei manchen unter derjenigen Helligkeit liegt, bei welcher phototropische Krümmungen ausbleiben. Mit anderen Worten, die optimale Helligkeit für phototropische Objecte hat zu derjenigen, welche das Längenwachsthum sistirt, keinerlei Beziehungen. Aehnlich konnte Wortmann[1]) nachweisen, dass thermotropische Krümmungen selbst dann auftreten, wenn eine Erwärmung über die Temperatur hinaus erfolgte, bei welcher sonst unter allseitiger Erwärmung die Verlängerung aufhört. Auch die Wurzeln zeigen ja hinreichend, dass zwischen dem negativen Heliotropismus derselben und ihrem Längenwachsthum keine directen Beziehungen nachweisbar sind.[2])

Dass die plagiophototropische Bewegungen als der Ausdruck einer specifischen Lichtempfindlichkeit dorsiventraler Gebilde aufzufassen seien, hat man vielfach geleugnet. Frank[3]) hatte bekanntlich den Blättern etc. einen Transversalheliotropismus zuerkannt. Gegen diese Auffassung ist de Vries[4]) aufgetreten und Wiesner[5]) hat ihm später ebenso wie Sachs[6]) zugestimmt. Allein Noll[7]) und Vöchting[8]) haben bereits darauf hingewiesen, dass es durchaus unzulässig ist aus der Reaction, welche die Blattrippen, Blattstiele etc. in de Vries'

---

1) Wortmann, Einfluss der strahlenden Wärme auf wachsende Pflanzentheile.

2) Vgl. Fr. Darwin, Arb. d. bot. Inst. Würzburg. Bd. III S. 521. Bot. Zeit. 1883.

3) Frank, Natürl. wagrechte Richtung von Pflanzentheilen.

4) H. de Vries, Ueber einige Ursachen der Richtung bilateral-symmetrischer Pflanzentheile. Würzb. Arb. I. S. 223.

5) Wiesner, l. c. I. p. 165.

6) Sachs, Orthotrope u. plagiotrope Pflanzentheile. Würzb. Arb. II.

7) Noll, Normale Stellung zygomorpher Blüthen. Würzb. Arb. III.

8) Vöchting, Lichstellung der Laubblätter. Bot. Zeit. 1888.

Experimenten ergaben, auf die Eigenschaften des Ganzen zu schliessen. Die genannten Autoren betonen mit Recht ausdrücklich, dass die fraglichen Organe nur als Ganzes handeln und nur im unverletzten Zustande experimentelle Fragen richtig beantworten. Mögen auch einzelne der von Frank als transversalheliotropisch bezeichneten Gebilde ihre Lichtlage der Combination verschiedener Kräfte verdanken, so ist doch für die meisten Fälle durch de Vries der Transversalheliotropismus keineswegs widerlegt worden, und in neuerer Zeit haben sich die Beweise gehäuft, welche für eine dem Transversalheliotropismus ähnliche Eigenschaft der Pflanze sprechen, also für das, was ich Plagiophototropie genannt habe. So kommt Noll in seiner eben citirten Arbeit, in welcher er auch die fixe Lichtlage behandelt, zu dem Schluss, „dass sonst geotropisch recht empfindliche Blätter ihrer fixen Lichtlage zu Liebe alle denkbaren abnormen Lagen zum Erdradius annehmen, als ob sie ihren Geotropismus bei dem Lichtgenuss gänzlich verloren oder umgewandelt hätten". Ebenso kommt Vöchting zu dem Resultat, dass die Lichtstellung der Laubblätter ausschliesslich durch das Licht bedingt sei, und Krabbe[1]) bestätigt dies in vollem Umfange. Nach diesen Untersuchungen brauche ich kaum noch hervorzuheben, wie auch meine Versuche auf das Deutlichste das Vorgetragene bestätigen. Mochten die Blätter von Phaseolus, Robinia, Tropaeolum orientirt sein wie sie wollten, unter allen Umständen treten dieselben Erscheinungen ein, überall bildeten die Blattflächen einen für jeden Helligkeitsgrad bestimmten Winkel mit den einfallenden Strahlen und documentirten damit auf das Unzweideutigste, dass den Pflanzen eine specifische Fähigkeit — eben die Phototropie —, sich in eine bestimmte Lage zum Licht zu versetzen und in dieser Lage zu verharren, solange keine Beleuchtungsveränderungen eintreten, innewohnen müsse.

Die vorstehenden Erörterungen sollten nur zeigen, dass die Plagiophototropie eine specifische Eigenthümlichkeit der Pflanzen, speciell der dorsiventralen Gebilde ist, und dass demgemäss der gewählte Ausdruck seine Berechtigung hat. Dagegen kann es hier nicht meine Aufgabe sein, den ganzen Mechanismus zu besprechen, welcher zu der bestimmten Lage in jedem Fall führt, schon aus dem Grunde nicht, weil mir eigene Beobachtungen hierüber fehlen. Ich möchte nur betonen, dass ich natürlich mit dem Gesagten den in Rede stehenden Organen nicht alle anderen Eigenschaften als da sind, Geotropismus, Epinastie, Exotropie und wie sie sonst noch heissen mögen,

1) Krabbe, Zur Kenntniss der fixen Lichtlage der Laubblätter. Pringsh. Jahrb. XX. S. 211.

absprechen will und kann, diese beeinflussen, unterstützen eventuell die Bewegungen, welche zur fixen Lichtlage führen, ganz unverkennbar; nur das möchte ich festgehalten wissen, dass sie das Endresultat, d. h. kurz gesagt den Einfallswinkel, nicht alteriren. Ich kann mich dabei auf Klinostaten-Versuche von Krabbe stützen, welche Folgendes ergaben: „Der Geotropismus vermag wohl die zur Lichtlage nothwendigen Bewegungen etwas zu beeinflussen, ist aber ausser Stande, das schliessliche Resultat der Lichtwirkung, nämlich die rechtwinkelige Stellung der Blattflächen zum Lichteinfall irgendwie zu modificiren".

Trotz der vorliegenden guten Untersuchungen dürfte über die Mechanik der plagiophototropischen Bewegungen noch nicht das letzte Wort gesprochen sein. Spätere Untersuchungen hätten sich wohl unter Berücksichtigung von Stahl's[1]) Beobachtungen mit der Frage zu beschäftigen, was denn eigentlich unter dem zu verstehen sei, was wir meistens als eine „Ueberwindung" des Geotropsmus durch die Phototropie bezeichnet haben. Alle Versuche deuten auf eine Wechselbeziehung zwischen beiden Erscheinungen hin; sie näher aufzudecken, wäre von hohem Interesse.

Die bisherigen Versuche, welche die fixe Lichtlage der Blätter zu klären bestimmt waren, wurden meistens bei schwachem Licht angestellt, so dass der Einfallswinkel der Strahlen ein Rechter war. In Zukunft wird man wohl die gesammten Erscheinungen in Rechnung ziehen müssen. Daran würde sich dann u. a. die Frage anknüpfen können, ob es heliotropische Torsionen gibt. Krabbe hat in seiner mehrfach citirten Arbeit diese Frage verneint. Dieser Autor hat nun gezeigt, dass in den oberen Gelenkpolstern von Phaseolus weder Epinastie noch Geotropismus nachweisbar ist. Wir sahen aber, dass mit zunehmender Lichtintensität die Blättchen sich in den Gelenken drehen um in Profilstellung zu gelangen. Wie kommt diese Torsion zu Stande? Will man keine völlig unbekannten Grössen einführen um die Krabbe'sche Auffassung zu retten, so wird man kaum umhin können zuzugestehen, dass hier Phototropie allein wirkt. Und warum soll eine vom Plasma veranlasste verschiedene Ausdehnung bestimmter Zellcomplexe keine Drehung herbeiführen können? Ambronn[2]) hat theoretisch gezeigt, dass solches durchaus denkbar ist, und Uhlitzsch[3]) hat ebenfalls auf Grund einiger Versuche betont,

1) Stahl, Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. Ber. d. d. bot. Ges., 1884, S. 383.

2) Ambronn, Ueber heliotropische und geotropische Torsionen. Ber. d. d. bot. Ges. II. S. 183.

3) Uhlitzsch, Untersuchungen über das Wachsthum der Blattstiele. Diss. Leipzig 1887, S. 40.

dass Torsionen durch die ausschliessliche Wirkung des Lichtes in den Blattstielen hervorgebracht werden können.

Ein Analogon zu derartigen Torsionen bieten jedenfalls die Drehungen der Chlorophyllplatte, welche wir bei Mesocarpus wahrnahmen. Ich kann mir nicht vorstellen, wie hier differente Kräfte wirksam sein sollen; es liegt doch gewiss viel näher, anzunehmen, dass das Protoplasma hier direct infolge der Reizwirkung des Lichtes Kräfte frei macht, welche die Torsion besorgen.

Pfeffer[1]) hat als photonastische Bewegungen diejenigen, welche durch steigende oder fallende, übrigens allseitig gleichmässige Beleuchtung hervorgerufen werden, als heliotropische, in gewohnter Weise, die durch einseitigen Lichtangriff erzeugten und in ihrer Richtung hiervon abhängigen Krümmungen bezeichnet. Auf das Zusammenwirken beider Factoren führt er die günstige Lage plagiotroper Organe zurück, offenbar in der Erkenntniss, dass der gewöhnliche Heliotropismus als Erklärung für diese Vorgänge nicht ausreicht. Nachdem ich zeigen konnte, dass alle bis dahin Heliotropismus genannten Vorgänge in erster Linie von der Intensität des Lichtes abhängen, dürfte es zweckmässig sein, den Begriff der Photonastie fallen zu lassen.

IV. Die Zweckmässigkeit der photometrischen Bewegungen.

Die ausserordentliche Präcision, mit welcher alle im Vorstehenden behandelten Bewegungen ausgeführt werden, legt unwillkürlich die Frage nach deren Zweckmässigkeit nahe. Ich hatte schon in der Einleitung hervorgehoben, dass wohl alle Pflanzen auf eine gewisse Helligkeit insofern angewiesen sind, als für sie eine specifische Lichtintensität während der Dauer der Vegetation unerlässlich ist. Wir haben nun des Weiteren in unseren Experimenten verfolgen können, wie jede Pflanze resp. jeder Pflanzentheil die Erreichung einer gewissen Helligkeit mit den verschiedensten Mitteln erstrebt. Gibt nun die im Experiment zum Ausdruck kommende Lichtstimmung auch diejenige Lichtmenge an, welche dauernd ein normales Gedeihen bedingen würde? Eine präcise und allgemein giltige Antwort lässt sich darauf kaum geben, weil ausreichende Experimente, welche über die dauernd erforderliche Lichtmenge Aufschluss geben, weder von meiner, noch von anderer Seite vorliegen; immerhin mag auf einige hierbei in Betracht kommende Punkte hingewiesen werden.

1) Pflanzenphysiologie II. S. 287.

Sehen wir Volvox u. a. auf eine bestimmte Helligkeit im Freien sowohl wie in der Cultur zusteuern, so liegt der Gedanke nahe, diese Helligkeit auch als die dauernd gedeihliche anzusprechen. Für Spirogyra könnte dasselbe gelten, allein diese Gattung liess sich bislang nicht vollständig cultiviren, auch wenn man ihr volle Bewegungsfreiheit in den verschiedenen Intensitätsgraden liess, was mit Hilfe des oben beschriebenen Apparates ja nicht schwer war. Berücksichtigen wir ferner die Thatsache, dass bei meinen Algen-Culturversuchen Schwärmsporen von Monostroma, viele Ectocarpusarten etc. auf eine Helligkeit zustrebten, in welcher sie nachher relativ rasch zu Grunde gingen, so muss es fraglich erscheinen, ob die erstrebte Helligkeit diejenige ist, welche den Pflanzen dauerndes Wachsthum gestattet. Vielmehr scheint in vielen Fällen die in der photometrischen Bewegung aufgesuchte Lichtstärke über der dauernd zuträglichen zu liegen. Man würde demnach diese Pflanzen etwa mit den Vögeln etc. vergleichen können, welche gegen das Licht fliegen, gleichgültig, ob sie dabei zu Grunde gehen oder nicht. Dabei könnten aber diese Bewegungen indirect zweckmässig sein. Es könnte z. B. eine hohe Lichtstimmung der Spirogyren, welche über der im Wasser gewöhnlich gegebenen liegt, bedingen, dass dieselben sich stets nahe der Oberfläche halten. Ich zeigte in einer früheren Arbeit, dass die kleinen Ectocarpeen sich mit Vorliebe auf der Unterseite der Fucus- etc. Thallome ansiedeln. Die relativ hohe Lichtstimmung der Schwärmer dürfte es bedingen, dass dieselben auf ihrem Wege aus der Tiefe nach der Oberfläche an Fucusthallome anstossen, hängen bleiben und sich damit an einem günstigen Ort entwickeln.

Analoges gilt wohl für die orthophototropischen Bewegungen. Wenn wir z. B. beobachten, dass die Keimlinge von Lepidium sativum sich erst im concentrirten Sonnenlicht abkehren, resp. indifferent sind, so ist kaum anzunehmen, dass dies die für das Gedeihen der Kresse optimale Lichtintensität anzeigt. Bestätigt wird diese Vermuthung durch Beobachtungen, welche ich an Polysiphonia nigrescens häufig machen konnte. Die Sprossen wachsen auch dann energisch dem Fenster zu, wenn sie relativ hell stehen, also unter Intensitätsgraden leben, unter welchen sie auf die Dauer ein abnormes Wachsthum zeigen. Das alles lässt vermuthen, dass vielen photometrischen Bewegungen nur eine indirecte Zweckmässigkeit zukomme. Dieselbe könnte bei Polysiphonia z. B. darin liegen, dass auf diesem Wege die Sprosse sich in die Richtung des einfallenden Lichtes stellten um dasselbe so gleichsam in Profilstellung aufzufangen. Auf diese

Weise würden auch die Blattbüschel dieser Species, welche fast nur an den Spitzen auftreten, am besten als Schattendecke wirken. Auch von den Sprossen, welche breite Blätter tragen, wird man annehmen können, dass sie ihre Lichtkrümmungen in erster Linie mit Rücksicht auf die Blätter ausführen, und es wäre die Aufgabe weiterer Untersuchungen, festzustellen, in wie weit hier Correlationen gegeben sind.

Die plagiotropischen und plagiophototaktischen Bewegungen wird man geneigt sein als direct zweckmässige anzuerkennen. Indess fehlen hier jegliche experimentelle Anhaltspunkte.

Mit dem hier in den letzten Zeilen Vorgetragenen halte ich die Sache selbstverständlich nicht für erledigt; ich wollte nur darauf hinweisen, dass hier noch ein Feld für weitere Beobachtungen gegeben ist.

V. Allgemeines.

Vergleichen wir die photometrischen Bewegungen mit anderen Reizerscheinungen, so springt die ausserordentliche Aehnlichkeit derselben mit vielen derselben sofort in die Augen. Eine besonders auffallende Analogie weisen die chemotaktischen Bewegungen[1]) auf, speciell diejenigen, welche Massart[2]) als tonotaktische bezeichnet hat. Er zeigte, worauf übrigens Pfeffer schon hingedeutet hatte, dass viele Salzlösungen weniger vermöge ihrer chemischen Beschaffenheit als vermöge ihrer Concentration anziehend oder abstossend wirken. Massart wies nach, dass bei einer für jedes Salz bestimmten Concentration Indifferentismus gegeben ist; unterhalb dieser erfolgt Anziehung, oberhalb derselben Abstossung. Weitere Untersuchung zeigt, dass die verschiedenen Salze proportional ihrem isotonischen Coëfficienten wirken. Wie also jeder Intensität des Lichtes (innerhalb gewisser Grenzen) eine specifische Wirkung auf die Bewegungen der Pflanzen zukommt, so hängt die tonotaktische Bewegung von der Energie der Wasseranziehung seitens der Salzlösungen ab. Es herrscht in dieser Beziehung also volle Uebereinstimmung. Diese geht aber noch weiter, die Tonotaxie ist ebenfalls von der „Salzstimmung" ababhängig, wenn der Ausdruck gestattet ist, denn Organismen, welche in Salzlösungen längere Zeit verweilt hatten, erforderten eine höhere Concentration zur Erreichung des Indifferenzpunktes. Während wir

---

1) Pfeffer, Locomotrische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Tübinger Arb. I. S. 263 ff. — Pfeffer, Chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen. Das. II. S. 582 ff.

2) Massart, Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solutions salines. Archives de Biologie T. IX (1889) p. 515.

in der Lage sind, im einen Fall diese Erscheinung direct auf den Turgor zurückzuführen, vermögen wir im anderen leider nur ganz allgemein von einem „Gewöhnen“ an eine veränderte Helligkeit zu sprechen.

Für den Thermotropismus gilt Gleiches. Wortmann[1]) konnte zeigen, dass die Plasmodien von Fuligo varians in einer Temperatur von 36° keine thermotropischen Bewegungen ausführten, bei höheren Wärmegraden dagegen negative, bei niederen positive Richtung einschlugen; auch manche Wurzeln[2]) zeigten völlig analog einen „Grenzpunkt“, bei welchem die positive in die negative Bewegung umschlug, nicht ohne dass auch hier häufig Indifferentismus zur Beobachtung gekommen wäre. An Sprossen constatirte Wortmann entweder negativen (Lepidium) oder positiven (Zea) Thermotropismus, fand aber in beiden Fällen bei bestimmten Temperaturen das Ausbleiben der Krümmungen. Dass damit der Indifferenzpunkt erreicht war, liegt um so näher anzunehmen, als Wortmann für Lepidium fand, dass die Zeitdauer bis zum Eintritt der Krümmung der Intensität der Wärmestrahlen umgekehrt proportional ist. Das ist dasselbe Gesetz, welches Wiesner für die sogen. positiv heliotropischen Sprosse constatirte.

Liegen auch für den Hydrotropismus nicht so eingende Untersuchungen vor, so ist doch nach dem ganzen Verlauf der bis dahin angestellten Versuche kaum zu bezweifeln, dass die Bezeichnung derselben als psychometrische Bewegung berechtigt ist. Diese und andere Reizbewegungen mögen unerörtert bleiben, weil nicht hinreichendes Material über dieselben vorliegt.

Bei allen genannten Vorgängen handelt es sich um das Aufsuchen von der augenblicklichen Stimmung entsprechenden optimalen Verhältnissen, und in den meisten Fällen hat das Optimum eine mittlere Lage, so dass nach dem früheren Ausdruck positive und negative Bewegungen je nach der Versuchsanstellung wahrgenommen werden können. Nothwendig ist das indess nicht. Wir können uns z. B. eine Pflanze so hoch gegen das Licht gestimmt denken, dass für uns die Intensität, bei welcher Indifferentismus eintritt, nicht mehr herstellbar ist, andererseits kann die Stimmung so niedrig sein, dass das

1) Wortmann, Thermotropismus der Plasmodien von Fuligo varians. Ber. d. d. Ges. III. (1885). — Ders., Einfluss der strahlenden Wärme auf wachsende Pflanzentheile. Bot. Zeit. 1883.

2) Ders., Ueber den Thermotropismus der Wurzeln. Bot. Zeit. 1885.

Optimum annähernd oder vollständig mit obsoluter Dunkelheit zusammenfällt. Es käme dann im ersten Fall nur der Ast A der Curve in Fig. 2 zur Beobachtung, im zweiten nur der Ast B, wie die Skizze andeutet. Um specielle Fälle dem allgemeinen Schema zu subsumiren würde es z. B. genügen, wenn der Nachweis erbracht würde, dass mit steigender Intensität die Reizenergie abnimmt oder zunimmt, damit wäre dann gesagt, ob wir den Ast A oder B der genannten Curve vor uns hätten und wo das Optimum zu suchen sei. Diese Ueberlegungen gelten für alle obgenannten Reizerscheinungen und demnach stellt die in Fig. 2 gezeichnete Curve die Verhältnisse für alle diese dar.

Ein weiterer Vergleich der in Rede stehenden Reizerscheinungen lehrt uns, dass die Abweichung von der optimalen Lichtintensität, Temperatur, Concentration etc. für das Zustandekommen einer Bewegung durchaus unerlässlich ist, und weiterhin wird erfordert, dass diese Abweichung von der Pflanze auch empfunden wird. Das genügt aber noch nicht; allseitig gleiche Helligkeit, Temperatur etc. wird zwar von der Pflanze empfunden, aber sie gibt noch keinen Grund für eine Bewegung ab, diese wird erst ausgelöst, wenn die Abweichung vom Optimum auf verschiedenen Seiten des fraglichen Gebildes ungleichmässig erfolgt, und zwar muss die Differenz so gross sein, dass sie von der Pflanze percipirt werden kann. Sind diese Bedingungen erfüllt, dann tritt eine äusserlich sichtbare Reaction ein, das Organ richtet sich nach der Seite, welche dem Optimum am nächsten liegt, gleichgiltig, ob dasselbe unter den gegebenen Verhältnissen völlig erreichbar ist oder nicht. Daraus ergibt sich aber ohne Weiteres, was ich schon mehrfach betonte, dass nicht die Richtung, in welcher sich die als Licht, Wärme etc. bezeichneten Schwingungen fortpflanzen, das Massgebende ist, sondern die Lage des Optimums resp. die Richtung, in welcher sich die Intensität resp. Concentration auf das Optimum hin abstuft. Solches gilt direct für die radiären Gebilde im weitesten Sinne.

Dass die dorsiventralen Organe, die bilateralen Chloroplasten etc. bei allseitig vollkommen gleichmässiger Beleuchtung keine Lichtbewegungen ausführen werden, ist wohl zweifellos, thatsächlich dürfte aber bisher in keinem Versuch dies wirklich erfolgt sein, und ich wüsste vorläufig nicht, wie man es anzufangen hätte, um etwa ein am Spross befindliches Blatt genau allseitig zu beleuchten. Sobald eine Helligkeitsdifferenz in verschiedenen Richtungen gegeben ist, beginnt wie bei radiären Organen die Reaction, gleichzeitig tritt aber

der Unterschied gegen die letztgenannten hervor, indem die Flächenausbreitung der fraglichen Gebilde ihre Rechte fordert. Besonders bei dorsiventralen Pflanzentheilen wird es deutlich, dass stets eine morphologisch bestimmte Seite den helleren, die entgegengesetzte (Unterseite) den schwächeren Intensitätsgraden zugekehrt wird. Damit ist dann schon gesagt, dass hier mehr als bei radiären Pflanzen die Lage der dominirenden Lichtquelle in Frage kommt, und wir wissen, dass die Fläche sich gegen diese in bestimmter Weise einstellt. Insofern kann man hier correct von einem Einfluss der Strahlenrichtung sprechen. Wie sich dorsiventrale Gebilde gegen andere als Lichtreize verhalten, ist mir nicht bekannt, vor der Hand liegt aber kein Grund vor, anzunehmen, dass sie anders reagiren würden.

Die besprochenen Reizerscheinungen haben nach allem ihren letzten Grund in dem Empfindungsvermögen des Protoplasmas, nur wenn dieses Intensitäts*unterschiede* gleichsam wahrnimmt, dann erfolgt eine Reaction. Darauf hat *Peffer*[1]) besonders scharf auf Grund seiner Beobachtungen an den chemotaktischen Samenfäden hingewiesen und meine Experimente an den photometrischen Pflanzen bestätigen das vollauf. Damit schreiben wir aber den Pflanzen ein Empfindungs- und Unterscheidungsvermögen zu, welches von dem Empfindungsvermögen der Thiere nicht wesentlich abweicht, und ich trage kein Bedenken, die durch unbewusste Empfindungen herbeigeführten Reflexe in eine Linie mit den hier beobachteten Erscheinungen zu stellen, halte z. B. die Verengerung und Erweiterung der Pupille unseres Auges infolge verschiedener Helligkeiten für eine Erscheinung, welche den photometrischen Bewegungen der Pflanzen durchaus in den wesentlichen Grundlagen analog ist.

Auch *Engelmann*[2]) hat den niederen Organismen einen den höheren Thieren analogen Licht- und Farbensinn zuerkannt. Er sieht in den Resultaten seiner Untersuchungen über Bacterium photometricum mit vollem Recht einen vortrefflichen Beweis für die Einheit der organischen Natur, für die Uebereinstimmung dieser und ähnlicher Erscheinungen im Thier- und Pflanzenreich.

Auf das Gleiche weisen die Untersuchungen von *Loeb*[3]) über

1) l. c. p. 478.

2) *Engelmann*, Licht- und Farbenperception niederer Organismen. Pflüger's Archiv Bd. 29 S. 387. — Ders., Bacterium photometricum das. Bd. 30 S. 95.

3) *Loeb*, Der Heliotropismus der Thiere und seine Uebereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen. Würzburg 1890. — Ders., Weitere Untersuchungen über den Heliotropismus der Thiere etc. Pflüger's Archiv Bd. 47 (1890) S. 391.

den Heliotropismus der Thiere hin. Der Autor sucht nachzuweisen, dass die vom Licht inducirten Bewegungen der Thiere genau den gleichen Gesetzen folgen wie die der Pflanzen; unter etwas einseitiger Betonung des Sachs'schen Standpunktes, dass die Richtung der Strahlen das Maassgebende sei, will er Aehnliches für die Thiere darthun. Seine Experimente sind nicht überall, wie auch schon von Wortmann[1]) in seinem Referat über diese Arbeit betont wurde, völlig beweiskräftig und vor allem liefern sie nicht den Nachweis, dass die Richtung der Strahlen das Maassgebende sei. Nach dem Schema der bisherigen Untersuchungen über Phototaxie und Heliotropismus angestellt, mussten sie freilich das angedeutete Resultat liefern. Ich habe einige Versuche mit Mehlwürmern angestellt und konnte mich durch dieselben überzeugen, dass eine Lichtempfindlichkeit unzweifelhaft vorhanden ist, konnte aber auch ebenso sicher nachweisen, dass die Strahlenrichtung nur insofern Einfluss hat, als dadurch event. die Helligkeit beeinflusst wird. Ich bezweifle demnach nicht, dass die heliotropischen Erscheinungen der Thiere — und darauf legt auch Loeb das Hauptgewicht — mit denen der Pflanzen übereinstimmen, ja man wird auch hier, wenn man will, phototaktische und phototropische Bewegungen unterscheiden können und mit ersteren Namen die freien Ortsbewegungen bezeichnen, mit letzterem aber die Fälle, in welchen nach Loeb die festsitzenden Thiere auf irgend eine Art eine durch das Licht inducirte Krümmung ihrer Gehäuse ausführen. Ist hier also wieder eine genaue Uebereinstimmung von Thier und Pflanze constatirt, so wird man Loeb auch zustimmen müssen, wenn er leugnet, dass diese Erscheinungen auf einem Instinkt und Willen der Thiere beruhen. Die Bewegungen werden ihnen durch äussere Factoren aufgezwungen und sind — wenn sie auch bei höheren Thieren zum Bewusstsein kommen mögen — doch von diesen zunächst unabhängig, und als solche verdienen sie wohl am besten den Namen Reflexbewegungen. So hat auch Verworn[2]) die Reizerscheinungen bezeichnet, welche er und viele vor ihm an den Protisten beobachteten. Man wird dieser Auffassung auch dann zustimmen können, wenn man nicht mit dem genannten Autor annehmen will, dass diese Vorgänge primitive psychische Processe darstellen. Wäre das der Fall, so müsste man auch den höheren Pflanzen auf Grund ihrer Reizbarkeit eine Psyche zuerkennen. Dazu nöthigen aber die vorliegenden Beobachtungen kaum, selbst, wenn man den Begriff der Psyche in dem

1) Bot. Zeit. 1889.

2) Max Verworn, Psychophysiologische Protistenstudien. Jena 1889.

erweiterten Sinne fast, in welchem Verworn ihn aufgefasst wissen möchte. Mag dem sein wie ihm wolle, so viel scheint mir festzustehen, dass das Empfindungsvermögen bei Thieren und Pflanzen auf derselben Basis ruht.

Ist das aber der Fall, so müssen auch die allgemeinen Gesetze, welchen das Empfinden unterworfen ist, die gleichen sein, es muss das psychophysische oder Weber'sche Gesetz, welches besagt, dass die Empfindung wächst proportional dem Logarithmus des Reizes überall, wo es sich um Empfindungen handelt, seine Giltigkeit bewahren. Nachdem es zunächst für menschliche Empfindungen aufgestellt und erwiesen war, hat Pfeffer[1]) die gleichen Beziehungen zwischen Reiz und Reaction an den chemotaktischen Organismen erkannt. Dass es auch für andere Reizerscheinungen sich bewahrheiten wird, bezweifle ich um so weniger, als ich nach den Resultaten meiner Versuche die Giltigkeit des Gesetzes auch für die photometrischen Bewegungen für zweifellos halte. Den völlig exacten Beweis hoffe ich demnächst liefern zu können, verzichte daher hier auf Widergabe einiger Thatsachen, die für das eben Gesagte sprechen.

Nicht unterlassen möchte ich es, hier noch auf einen Punkt hinzuweisen; es betrifft die Reizerscheinungen im Allgemeinen. Pfeffer[2]) hat als Reiz „auslösende Wirkungen auf den und in den Organismen" definirt und auch Sachs hat in seinen Vorlesungen sich an einen ähnlichen Gedankengang gehalten. Letzterer hat die Sache so dargestellt, als ob die Pflanze sich in einem labilen Gleichgewicht befände, welches durch den Reiz gestört würde. Gegen die Erörterungen genannter Autoren ist nicht das Geringste einzuwenden, soweit sie sich auf Mimosa und ähnliche Fälle beziehen. Dagegen glaube ich aber betonen zu müssen, dass die photometrischen Bewegungen und analoge Fälle etwas anders beurtheilt werden müssen. Berücksichtigen wir z. B. die Bewegungen von Volvox, von Mesocarpusplatten und Blättern, so ergibt sich leicht, dass hier die Lichtintensität nicht bloss die Bewegung auslöst, sondern dass auch dieselbe Lichtintensität wieder die Bewegung sistirt, nämlich dann, wenn sich das Blatt etc. auf eine ganz bestimmte Helligkeit einstellt. Man wird also hier die Reizerscheinung etwas anders auffassen müssen als bei Mimosa, und es dürfte der Reiz nicht als ein einfacher Auslösungsprocess, sondern vielmehr als ein äusserer Factor erkannt werden, welcher ganz allgemein den Gang gewisser Bewegungen vom Anfang bis zum Ende beeinflusst.

1) l. c.

2) Locomot. Richtungsbewegungen. Tübinger Arb. I. S. 473.

Beitrag zur Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Stärkekörner von Pellionia Daveauana.

Von

Arnold Dodel.

Hierzu Doppeltafel V u. VI.

Schon vor mehreren Jahren entdeckte ich gelegentlich einer Voruntersuchung mikroskopischen Demonstrationsmateriales in den saftigen Stengeln von Pellionia Daveauana so auffallend schön entwickelte Stärkebildner von lebhaft grüner Farbe, dass ich seither immer wieder für die mikroskopischen Uebungskurse auf jene Pflanze griff und in diversen Jahrgängen meine eigenen Untersuchungen an derselben weiterführte. Vor fünf Jahren fertigte ich dann eine grosse Tafel für die Vorlesung an, worauf ich die hauptsächlichsten Entwicklungserscheinungen der Stärkebildner und der Stärkekörner genannter Pflanze in anschaulichen Figuren illustrirte. Nachdem ich mich allseitig in der einschlägigen Litteratur umgesehen, gelangte ich zu der Einsicht, dass die grünen, frischen Stengel von Pellionia Daveauana ganz entschieden die günstigsten Objecte für das Studium der Stärkekörner und der Stärkebildner abgeben und alle bis jetzt bekannt gewordenen und zum gleichen Zwecke empfohlenen Gegenstände an Ausgiebigkeit lehrreicher Erscheinungen überragen. Da diese Pflanze — zu den Urticeen Ostasiens gehörend — im Warmhaus eines jeden botanischen Gartens sich leicht einbürgern lässt (im botanischen Garten zu Zürich wuchert sie an diversen Stellen des Orchideenhauses) — und da sie als perennirende Kriechpflanze während des ganzen Jahres das für unsere Zwecke nothwendige Material in Masse abgeben kann: so verdient sie in hohem Grade zunächst die Aufmerksamkeit aller jener Botaniker, welche mikroskopische Uebungs- und Demonstrationskurse zu leiten haben. Die Stärkekörner und Stärkebildner von Pellionia Daveauana haben aber auch noch ein allgemein morphologisches und physiologisches Interesse: sie scheinen in hohem Grade

geeignet zu sein, uns bei weitergehenden Untersuchungen endlich der Lösung jener Hauptfrage, ob die Stärkekörner durch Intussusception oder aber durch Apposition wachsen, nahe zu bringen. Ich habe beim Studium dieser Objecte, mit dem ich mich diesen Herbst (1891) zum letzten Mal längere Zeit abgegeben habe, die Ueberzeugung gewonnen, dass die Stärkekörner im Stengel von Pellionia ganz entschieden durch **Apposition** wachsen. Anders sind die Entwickelungserscheinungen gar nicht zu verstehen, wie wir dieselben in den beiden, diesem Aufsatz beigegebenen Tafeln mit peinlichster Sorgfalt dargestellt sehen. Es ist kaum zu zweifeln, dass selbst der geniale Urheber der Intussusceptionstheorie angesichts der fraglichen Objecte die Wahrscheinlichkeit der Apposition zugeben würde.

Die angeführten Thatsachen mögen entschuldigen, dass ich es wage, zur Illustration dieser kleinen Abhandlung sogar eine Doppeltafel zu beanspruchen. Gute Abbildungen sind ja zumeist lehrreicher, als lange Texte. In Folgendem werde ich mich darauf beschränken, nur das wesentlichste der sichtbaren Erscheinungen herauszuheben und die daraus zu ziehenden Schlüsse bloss nur anzudeuten.

Der Stengel unserer Pflanze ist schlank, ohne secundäres Dickenwachsthum, alternirend beblättert (die Blätter beinahe stiellos, also fast sitzend und zweizeilig angeordnet) und weil kriechend und dicht der Unterlage aufliegend, in älteren Internodien bewurzelt und im Ganzen spärlich verzweigt. Der Ouerdurchmesser eines ausgewachsenen Internodiums beträgt 3 — 4 mm. Während die hinteren, alten Stengeltheile nach völliger Entstärkung absterben, werden die vorderen, jüngeren Theile und Zweige selbständig. Dichte, wulstige Rasen dieser Pflanze bedecken die Unterlage vollständig und es bilden die wirr durcheinander gewirkten Stengeltheile mit den jüngeren und älteren Zweigen derart ein chaotisches Durcheinander, dass es schwer hält, längere Stengel- oder Zweigstücke unversehrt herauszulösen, um so mehr, als die Verholzung der Stengelgewebe eine minime und das ganze Organ sehr brüchig ist.

Der Stengelquerschnitt durch ein oberes, noch ganz junges Internodium zeigt im parenchymatischen Grundgewebe, das nur einige wenige, in einen Kreis geordnete, aber von einander völlig getrennt bleibende Fibrovasalbündel einschliesst, zahlreiche Stärkekörner meist mit anhängenden Chloroplasten verschiedener Gestalt und diverser Grösse. Ganz in der Nähe der Fibrovasalbündel und im ganzen Markkörper sind diese Stärkekörner am schönsten und gleichartigsten entwickelt, während gegen die Peripherie des Querschnittes hin die Grösse

der Stärkekörner, wie auch die Grösse der Chloroplasten rasch abnimmt.

Ich habe in Taf. V Fig. 1 — 39 aus einem Längsschnitt in der Nähe der Stengelspitze die hauptsächlichsten Formen von Stärkekörnern und jungen Chloroplasten dargestellt. Fig. 40 — 70 zeigen die etwas weiter gediehenen Stärkekörner auf dem (zähflüssigen, fadenziehenden Schleim führenden) Querschnitt eines kräftig entwickelten Internodiums. Manche dieser Stärkekörner haben schon eine ansehnliche Grösse erreicht (Fig. 55, 56, 57, 60, 61, 62 und 63), wie eine Vergleichung mit dem bei Korn. 45 liegenden Zellkern *N* lehrt.

Fig. 78 — 107 illustriren ganz ausgewachsene Stärkekörner aus dem mit Pikronigrosin behandelten Querschnitt eines völlig entwickelten, kräftigen Internodiums. Die Körner 90 — 94 und 102 — 107 liegen in den zugehörenden Mutterzellen. Bei manchen Stärkekörnern dieser Gruppe (88 — 107) sind die grünen Plasmakörper durch die Präparation verloren gegangen. Der zähe fadenziehende Schleim frischer Quer- oder Längsschnitte ist für die Untersuchung dieser Objecte an frischem Material insofern günstig, als die den Stärkekörnern anhaftenden Chloroplasten meistens von diesem zähflüssigen Schleim umspühlt bleiben, selbst wenn die Schnitte Stunden lang in Wasser unter Deckglas liegen. Die Objecte degeneriren also nicht so leicht, sondern bleiben wohl im frischen Präparat noch Stunden lang am Leben, nachdem sie unter das Mikroskop gebracht wurden. Dagegen ist derselbe zähflüssige Schleim ein widerwärtiges Hemmniss bei Anwendung von gelösten Farbstoffen oder andern Agentien. Müssen die Schnitte oft hin- und hergezerrt werden, so findet man häufig fast alle Chloroplastenkörper von ihren Stärkekörnern abgelöst, wie dies in den letztangeführten Figuren der Fall.

In alten z. Th. schon entblätterten Stengelstücken findet man nebst den gewöhnlichen Stärkekorntypen oft ganz abenteuerliche Gestalten, wie in der Gruppe 108 — 124, wo No. 120 geradezu ein Monstrum von Gestalt und Grösse darstellt.

In alternden, bewurzelten Stengeltheilen, deren Blätter schon längst ihre Functionen eingestellt haben und verschwunden sind, findet man auch alle Auflösungsstadien der Stärkekörner. Zur vorläufigen Orientirung vergleiche man die in Fig. 125 — 144 dargestellten primären Abschmelzungsstadien mit den weitergeschrittenen Auflösungserscheinungen, wie sie in Fig. 145 — 173 zur Anschauung gebracht sind.

Die Form der Stärkekörner im Stengel von Pellionia variirt

beträchtlich und ist in den verschiedenen Altern der Körner sehr verschieden: Alle Stärkekörner beginnen als kleine Kugeln, die entweder mitten im kugeligen oder ovoiden Chloroplasten, oder in letzterem excentrisch, oft zu zwei oder mehreren unter der Peripherie des grünen Plasmakornes auftreten. Vgl. Fig. 2, 3, 4, 7, 9, 11 mit Fig. 30, 31, 32, 33, 35 und 35a.

Sobald die Stärkekörner aber jene Grösse erreicht haben, welche das Platzen des grünen Stärkebildners veranlasst, verändert sich die Form des kugeligen Stärkekornes; letzteres beginnt nun ein vorwiegend einseitiges Wachsthum in dem Sinne, dass es auf der dem Chloroplasten anliegenden Seite den hauptsächlichsten Zuwachs erhält, indess der freiliegende, nicht von grüner Plasmaschicht bedeckte Theil langsamer und später gar nicht mehr wächst. Die vorher kugeligen Stärkekörner werden alsbald eiförmig (Fig. 45, 46, 49, 51, 52, 53), oft auch bohnenförmig (Fig. 57, 60), später dick keulenförmig (Fig. 90—107) und manche von ihnen nehmen im weiteren Verlauf oft ganz abenteuerliche Gestalt an: Schinkenform (Fig. 61, 91, 100, 107, 118), Cylindergestalt mit unregelmässigen Krümmungen, Stiefelform und warzige Kartoffelknollengestalt. Alle diese diversen Gestalten erscheinen als Resultat des Wachsthums durch Apposition. Beim Durchmustern eines jüngeren, aber kräftig entwickelten Stengelquerschnittes kann dem Beobachter nicht entgehen, dass eine Wechselbeziehung zwischen Form und Gestalt des wachsenden Stärkekornes einerseits und der Art der Anlagerung des grünen Stärkebildners anderseits existirt und dass bei monströsen Stärkekörnern die Form des Ganzen bedingt wird durch die Anzahl und durch die Grösse der dem Stärkekorn anhaftenden Chloroplasten.

Nägeli hat in seiner akademischen Abhandlung gegen Schimper's bekannte Arbeit aus dem Jahr 1881 die Function der „Stärkebildner" noch als „ziemlich problematisch" bezeichnet und die Annahme, dass die Stärkekörner vom Stärkebildner aus neue Schichten aufgelagert bekommen, energisch von der Hand gewiesen: „Wäre es der Fall, so müsste zwischen der Gestalt des Stärkebildners und der Gestalt der Stärkekörner, inbegriffen den Bau derselben, eine bestimmte Beziehung bestehen. Es müsste die Gestalt des Kornes eine andere sein, je nachdem sein Bildner klein und rundlich, oder grösser und scheibenförmig, oder stäbchenförmig ist. Man könnte selbst die Gestalt des Stärkekornes geometrisch construiren, die aus einem Stärkebildner von bestimmter Form unter der Voraussetzung

entstände, dass das Wachsthum an der Anheftungsstelle am intensivsten sei und von da allmählich abnehme. Gehen wir umgekehrt von dem Stärkekorn aus, so würde dieses eine andere Gestalt seines Bildners erwarten lassen, je nachdem dasselbe cylindrisch ist oder kegelförmig mit kreisförmigem Querschnitt und mit dem Kern im dünnen Ende, oder zusammengedrückt mit dem Kern im schmalen Ende, oder keilförmig mit verdicktem schmalem Kernende und breitem kantenförmigem hinteren Ende“ (S. 426 des Separatabdr. von Nägeli, Ueber das Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception).

Nägeli verneinte damals, dass diese Wechselbeziehungen zwischen Stärkebildner und Stärkekornform existire. Seither sind jedoch zahlreiche Beweise trotzdem für jene Wechselbeziehung erbracht wurden. Und was Nägeli in den eben angeführten Worten gefordert hat, das ist just beigebracht worden. Der vorliegende Fall bei Pellionia könnte im Sinne der Nägeli'schen Forderungen nicht günstiger gedacht werden.

Die Stärkebildner im Stengel von Pellionia Daveauana sind ganz regelrecht entwickelte Chlorophyllkörner von ursprünglich kugeliger oder ovoider Gestalt (vgl. Fig. 1, 2, 7, 40). Die massenhaft auftretende Stärke in den Stengeln dieser Pflanze kann nur zum kleinsten Theil als Assimilationsprodukt der Chloroplasten des Stengels betrachtet werden, sie ist vielmehr zum grössten Theil als Assimilationsprodukt der grünen Laubblätter, als „gewanderte“ und hier in den Chloroplasten des Stengels wieder abgelagerte Reservesubstanz, als Depôtstärke zu betrachten. Wir haben es hier also mit Chloroplasten zu thun, die, wie Schimper in anderen Fällen gezeigt hat, zweierlei Functionen zugleich dienen: einmal der Assimilation und sodann der Stärkebildung aus gewanderten, anderswo erzeugten Assimilationsprodukten.

Das im Innern eines Chloroplasten des Pelloniastengels (central oder excentrisch auftretende) Stärkekorn wächst alsbald so stark, dass der Chloroplast zersprengt wird und das kugelige Stärkekorn an einer Seite aus dem klaffenden Riss des nun kappenförmig gewordenen Stärkebildners herausschaut (Fig. 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 23, 24, 26, 27, 40, 41, 50, 52, 64).

Nicht selten treten an zwei oder mehr Stellen zu gleicher Zeit kugelige Stärkekörner aus dem Innern des Chloroplasten heraus (Fig. 30, 31, 32, 35, 35a, 36). Dann resultiren zusammengesetzte Stärkekörner, welche einen gemeinsamen Ernährer, einen plattenförmigen Chloroplast an sich haften haben (Fig. 36, 110, 111, 112, 115, 117, 119, 134, 135, 136, 137, 139).

Die weiterwachsenden Stärkekörner bleiben mit dem zerissenen, kappenförmigen Chloroplasten in innigem Zusammenhang und wachsen nun am intensivsten dort, wo die Kappe des grünen Stärkebildners am mächtigsten ist, d. h. dort, wo der geometrische Mittelpunkt des kappenförmigen Plasmakörpers liegt. Es ist indessen hervorzuheben, dass diese mächtigste Partie des Chloroplasten sich oft weit hinaus gegen den blassgrünen Rand der Kappe erstreckt, so dass letztere oft nur wie eine flach gewölbte breite Platte mit schmalem dünnem Saum erscheint. Dieser Saum selbst ist oft gefranst und läuft so zart in den farblosen Theil der nächsten Umgebung aus, dass man kaum mehr eine scharfe Grenze erkennen kann.

Bei den noch nicht ganz ausgewachsenen Stärkekörnern enthält der lebhaft grüne Stärkebildner in seiner mittlern, mächtigsten Partie oft einen anscheinend kugeligen, farblosen Körper, über dessen Natur ich nichts mitzutheilen habe (Fig. 50, 60, 61). Oft sind sogar zwei oder mehrere solcher farbloser Körper im Chloroplasten vorhanden (Fig. 109, 128).

Im Uebrigen erscheint der kappenförmige grüne Stärkebildner homogen. Er dürfte indess ein geeignetes Object zur Untersuchung von Stroma und Grana (Schimper) abgeben, da er an seinem dünnen Rande in eine so feine Schicht ausläuft, dass dort Stroma und Grana wohl leicht von einander zu unterscheiden sein dürften.

Die Frage, ob das Stärkekorn von Pellionia nur vom anhängenden Chloroplast ernährt werde oder nicht, veranlasste mich zur Untersuchung dieser Gebilde auf eine allfällig vorhandene, continuirliche Plasmahülle. Die Resultate dieser Untersuchung sind in den Figuren 71—87 graphisch zur Anschauung gebracht: es sind halberwachsene Stärkekörner aus einem Stengelquerschnitt von Alcoholmaterial. Dieses Stengelstück hatte durch mehrmonatliches Liegen in absolutem Alcohol durchaus ganz entfärbte Stärkebildner. Die Querschnitte wurden in destill. Wasser ausgewaschen, dann in sehr verdünnte, wässerige Methylviolettlösung gebracht und nach etlichen Stunden untersucht. Bei denkbar günstigster Beleuchtung und mit Zuhilfenahme des Apochromat 0,4 (Zeiss) gelang es mir, ausserhalb der stark gefärbten Chloroplasten noch weit ausgebreitete Plasmahäutchen auf der Oberfläche der Stärkekörner zu sehen (Fig. 73, 75, 76, 81, 83, 85, 87).

Diese und andere — hier wegen Platzmangel nicht widergegebene — Figuren aus dem Methylviolettpräparat zeigen, dass junge bis halberwachsene Stärkekörner im Stengel von Pellionia neben dem kappenförmigen Chloroplasten an ihrer Oberfläche noch von einer

unmessbar feinen Schichte farblosen Plasmas umgeben sind, während an ganz grossen, völlig ausgewachsenen Stärkekörnern diese continuirliche Plasmahaut zu fehlen scheint. Ich lasse die Frage jedoch offen, ob die Stärkekörner während ihrer ganzen Entwickelungszeit bis zum völligen Auflösen ihres Körpers ringsum von einer Schicht lebendigen Plasmas eingehüllt bleiben. Die Abschmelzungserscheinungen, von denen ich unten reden werde, machen diese Annahme in bejahendem Sinne fast nothwendig.

Häufig beobachtet man halberwachsene und bis zur Maximalgrösse herangebildete Stärkekörner verschiedener Gestalt, welche zwei oder mehr lebendige Chloroplasten führen (Fig. 118, 120, 121, 128, 141, 142, 153). Für diese Erscheinung sind zum vornherein zwei Erklärungen möglich: Es wäre denkar, dass zwei oder mehrere ursprünglich getrennte, selbständige Chloroplasten im Verlauf der Entwickelung eines Stärkekornes zu gemeinsamer Arbeit zusammentreten, wie für ähnliche Fälle Schimper die Annahme ausgesprochen hat. Wenn wir jedoch die Art und Weise des Aufplatzens der ursprünglich kugeligen oder ovoiden jungen Chloroplasten beim Weiterwachsen ganz junger Stärkekörner (Fig. 1—70), wenn wir die verschiedenartigen dabei zu Tage tretenden Formen der Chloroplastenkappen, der grünen schildförmigen oder gürtelförmigen (Fig. 109, 110, 117, 119) Plasmaplatten mit in Betracht ziehen und deren vielgestaltige Zwischenformen wohl beachten, so kommen wir zur zweiten Annahme, dass die Mehrheit der einem Stärkekorn anhaftenden Chloroplasten auf die Zweitheilung eines ursprünglich einzigen grünen Stärkebildners zurückzuführen ist. Es kommt nämlich vor, dass ein im Centrum eines kugeligen Chloroplasten entstehendes Stärkekorn bei allseitig gleichartigem Wachsthum schliesslich die ganze Masse des kugeligen Stärkebildners durch einen ringförmigen Riss in zwei fast gleichgrosse oder ganz gleichgrosse Kappen zersprengt, welch letztere dann erst nur noch an einer kleinen Stelle in Zusammenhang bleiben, wobei aber beide Kappen mit ihren concaven Innenflächen der gewölbten Oberfläche des wachsenden Stärkekornes aufliegen bleiben und nach und nach beim Weiterwachsen des Stärkekornes aus einander gedrängt werden. Ueberdies lehrt ein Blick auf die verschiedenen Entwickelungsformen der lebendigen grünen Stärkebildner in den uns vorliegenden Figuren 1—70 und 108—175, die alle in derselben Vergrösserung hergestellt wurden, dass die Chloroplastenkappen, die grünen Schilder, Gürtel und Platten der Stärkebildner unverkennbar mit Wachsthum begabt sind, dass sie fortwährend an Masse zunehmen, so lange das Stärkekorn wächst.

Diese grünen Stärkebildner im Pelloniastengel verhalten sich ähnlich, wie die typischen Chlorophyllkörner, welche ja ebenfalls Wachsthum und Fortpflanzung durch Zweitheilung zeigen. Je mehr diese Stärkekörner wachsen, desto mehr nimmt auch die Flächenausdehnung der Stärkebildner zu. Erscheinungen von unverkennbarer Zweitheilung des stärkebildenden Chloroplasten sind bei halb- und fast ganz ausgewachsenen Körnern gar nicht selten anzutreffen.

Mit der Zweitheilung des Stärkebildners ist dann auch eine **monströse Weiterentwickelung des Stärkekornes eingeleitet.** Wenn das halb oder ganz erwachsene Stärkekorn des Pelloniastengels nur einen Chloroplasten besitzt, so erscheint derselbe in den meisten Fällen als mehr oder weniger grosse, grüne Kappe, welche demjenigen Pol des ovoiden oder keuligen oder cylindrischen Stärkekornes anhaftet, der dem Kernende mit dem Schichtencentrum gegenüber liegt. Das Korn wächst dann nur noch an jenem einen Pol. — Sobald aber eine Zweitheilung des Chloroplasten stattgefunden hat, so beginnt die Zeit des weiteren Zuwachsens an zwei Stellen der Oberfläche des Kornes; jeder Chloroplast repräsentirt eben den Bildungsheerd neuer Theile, welche an die schon vorhandenen von Seiten des grünen Stärkebildners angelagert werden. Es bilden sich unter jeder Chloroplastenkappe oder grünen Platte neue Stärkemassen, die den älteren in Gestalt von Warzen, Hügeln, hornartigen Auswüchsen u. dgl. mehr angelagert werden.

Die diesbezüglichen Erscheinungen sind so vielgestaltig, dass sie in Worten kaum werden erschöpfend behandelt werden können. Ich verweise daher auf die mit dem Prisma angefertigten, genauen Figuren, namentlich auf Fig. 92 — 124. Das in Fig. 120 dargestellte, einer warzenbedeckten Kartoffel ähnlich sehende Stärkekorn besitzt sogar drei Chloroplasten und besass deren gewiss mehrere, wie aus seiner Configuration errathen werden muss. Auf den der Beobachtung zugänglichen Seiten dieses Stärkekornes finden sich nicht weniger als zehn warzenförmige Zuwachspartien, deren jede einst von einem Chloroplast bedeckt gewesen sein muss. Dieses Korn besass in Wirklichkeit eine Ausdehnung von $103^1/_2$ Mikromillimeter im grössten Durchmesser und seine Entwickelungsgeschichte ist unschwer aus seiner Gestalt und aus dem Verlauf der Schichtensysteme zu erkennen, ganz so, wie es Nägeli als Gegner der Appositionstheorie von dem Wiederbegründer der letzteren gefordert hat.

Aus der Gestalt der Stärkekörner, aus dem Schichtenverlauf der-

selben und aus der jeweiligen Lage des oder der anhaftenden Chloroplasten ergibt sich bei Pellionia weiterhin mit Evidenz, dass die grünen Stärkebildner während des Wachsens der Stärkekörner an der Oberfläche der letzteren häufig ihren Ort wechseln. Dass sie aus ihrer ursprünglichen Lage fortwährend verschoben werden müssen, liegt auf der Hand. Dass sie häufig scheinbar — aber auch nur scheinbar — ihren Ort lange Zeit beibehalten, ist in allen jenen Fällen Thatsache, wo sie constant an dem Pol haften, welcher dem Kernende gegenüber liegt. Nicht selten treffen wir aber im Stengelquerschnitt von Pellionia grosse Stärkekörner, wo die Chloroplasten von dem ihnen typisch zukommenden Anheftungsort verschoben erscheinen, entweder auf die eine oder andere Stelle der Längsseite, oder gar in eine Vertiefung an der Oberfläche des Kornes — ja sogar verschoben an den Kernpol, wo sie doch regelrechterweise gar nicht vorkommen sollten. Ein Blick auf den Schichtenverlauf und auf die allfällig vorhandenen Unebenheiten der Stärkekornoberfläche belehrt aber alsbald darüber, welchen Weg der Stärkebildner bei der Verschiebung eingeschlagen hat. Und nichts ist leichter als aus all diesen Erscheinungen ein Bild davon zu gewinnen, wo und wie lange der grüne Stärkebildner vor Beginn seiner Wanderung zuletzt gelegen, und welchen Weg er zuerst eingeschlagen und welche allfällige längere oder kürzere Aufenthalte er auf seiner Wanderschaft gemacht hat. Ueberall dort, wo ein grüner Stärkebildner längere Zeit an der Oberfläche eines wachsenden Kornes gehaftet hat, finden wir warzenförmige oder kugelige Erhöhungen, grosse bei längerem Aufenthalt, kleinere bei kürzerem Aufenthalt des Stärkebildners.

Die Wanderung des grünen Stärkebildners längs der Oberfläche eines Stärkekornes ist wahrscheinlich nicht eine active, sondern eine passive. Im Anfang, wenn die Stärkekörner einer Zelle noch jung, zumeist kugelig sind, haben sie im Innern der Parenchymzelle reichlich Platz genug und berühren sie sich nicht oder nur in seltenen Fällen. Die Parenchymzelle wächst aber in der Folge nicht in dem Maass, wie die von ihr beherbergten Stärkekörner. Letztere kommen daher beim weiteren Wachsen häufig mit einander in Berührung (man vgl. die Zelle mit den Körnern 64 — 70 und die beiden Zellen mit den Körnern 91—107). Die auf einander stossenden gross gewordenen Stärkekörner werden daher in manchen Fällen bei fortgesetztem Wachsthum sich drücken, resp. reiben. Es ist leicht ersichtlich, dass unschwer eine Verschiebung der grünen Plasmakappen hiebei stattfinden

wird und dass letztere oft in ältere Vertiefungen oder gar an das zuerst entstandene Kernende gerathen können, wohin sie eigentlich im Sinne ihrer Entwickelungsgeschichte gar nicht gehören. Ebenso leicht ist einzusehen, dass bei solchen Vorgängen gelegentlich eine grosse Plasmakappe mechanisch, also passiv, in zwei Stärkebildner getheilt werden kann, wie denn wohl auch sehr häufig der gross gewordene Stärkebildner anscheinend durch sein eigenes Produkt, d. h. durch die sich mehr und mehr ausdehnende Stärkekornmasse passiv gedehnt und schliesslich in zwei oder gar drei und mehr Theile getrennt wird (vgl. Fig. 35a mit Fig. 120 und 142).

Die Schichtung der Stärkekörner von Pellionia wird erst relativ spät wahrnehmbar. Die jungen Körner, so lange sie noch kugelig oder schwach ovoid erscheinen, zeigen noch keine Schichtung, sondern erscheinen homogen (vgl. Fig. 1—70). An alten, ausgewachsenen Stärkekörnern sind die Schichten ohne alle Anwendung von Reagenzien meist deutlich zu sehen, zumal auf halber Länge des keuligen oder walzenförmigen Kornes. Recht deutlich und zahlreich erscheinen die Schichten nach Zusatz von Pikrinsäure, selbstverständlich auch in Schnitten, die mit Pikronigrosin gefärbt wurden, wie dies bei dem durch Fig. 90—107 illustrirten Präparat geschehen ist. Auffallend ist der Umstand, dass derjenige Theil des Kernendes, welcher dem jungen Korn im kugeligen Zustand entspricht, ungeschichtet erscheint (also der älteste Theil), ähnlich demjenigen Theil, der zu allerletzt gebildet wurde und daher noch mehr oder weniger vom grünen Stärkebildner bedeckt erscheint.

Alle meine Figuren, die ich am Prisma mit peinlichster Genauigkeit nach ihrem Schichtenverlauf naturgetreu herzustellen bemüht war, weisen darauf hin, dass bei langgestreckten Stärkekörnern von Pellionia die vielen Schichten im mittleren Theil durchaus kappenartig über einander liegen und keine einzige dieser Schichten continuirlich über den Stärkekern verläuft. Sie haben durchaus die Gestalt des jeweilen, bei der Bildung und Ablagerung ihrer Substanz vorhanden gewesenen kappen- oder plattenförmigen Stärkebildners.

Ganz auffallende Erscheinungen sind mit der in der lebenden Pflanze statthabenden Auflösung der Stärkekörner von Pellionia verbunden.

In ganz alten, bald dem Absterben verfallenden Stengeltheilen, die in dieser Zeit gewöhnlich schon alle Blätter verloren haben, kann man leicht alle Auflösungsstadien in wenigen Zellen aus Schnitten diverser benachbarter Internodien antreffen.

Das Auflösen alter Stärkekörner im Stengel von Pellionia ist sichtlich ein **Abschmelzungs**-Vorgang mit Formveränderungen, die unwillkürlich an diejenigen Gestaltsveränderungen erinnern, welche wir bei eintretendem Thauwetter an dicken Eiszapfen wahrnehmen, die frei von den Dächern herunterhängen und schliesslich als spitze Nadeln oder griffelartige Stäbchen im letzten Stadium des Schmelzens zu Boden fallen.

Der Auflösungsprocess beginnt an der **ganzen** Oberfläche der vielgestaltigen Körner, also auch an jenen Stellen, welche vom grünen Stärkebildner mit kappenartig oder plattenförmigem Protoplasma bedeckt sind, und er schreitet gleichmässig mit entsprechenden Niveauveränderungen der Oberfläche immer weiter, bis vom ursprünglich walzenförmigen Stärkekorn nur noch eine dünne Nadel (Fig. 149, 153a), vom schinkenförmigen, dickkeuligen Korn nur noch ein dünnes knochenartiges Stück oder eine kleine Keule mit nadelartigem Anhang und vom eiförmigen Stärkekorn nur noch ein kleines Zäpfchen übrig bleibt, bis auch diese letzten Reste schmelzend verschwinden und nur noch den grünen Stärkebildner in Gestalt eines kugeligen oder eiförmigen Chlorophyllkornes zurücklassen (vgl. Fig. 156, 157, 159, 161, 162, 169, 171, 172, 173).

Die stärkebildenden Chloroplasten bleiben während des ganzen Abschmelzungsprocesses der Stärkekörner den letzteren dicht anhaften, müssen also Hand in Hand mit den Formveränderungen des Stärkekornes fortwährend ebenfalls ihre Form modificiren. Stärkebildner von ursprünglich flacher Kappengestalt nehmen unter Umständen scharf zugespitzte Hohlkegelgestalt (Nachtmützenform) an — Fig. 149 —, oder sie werden zu grünen Gürteln oder zierlichen Kapuzen (Fig. 164, 165, 149, 150), die sich im letzten Auflösungsstadium des umklammerten Stärkekornes vollständig zusammenschliessen zu einem hohlkugeligen Körper, der dann noch einige Zeit den letzten Rest des Stärkekornes umschliesst und somit wieder bei jener Gestalt anlangt, die der grüne Stärkebildner im Anfang seiner Produktion zeigte (Fig. 169 — 171).

Dabei trifft man gar nicht selten Abschmelzungsstadien älterer Stärkekörner, an denen die Chloroplasten ersichtlich ihre Thätigkeit wieder aufgenommen haben, nachdem schon ein grosser Theil des alten Kornes allseitig durch Abschmelzen an Masse eingebüsst hat. Man kann hier also von intermittirender Thätigkeit des Stärkebildners reden. Fig. 125 — 144 zeigen die ersten Abschmelzungsstadien erwachsener Stärkekörner mit solchen intermittirend

schaffenden Chloroplasten. Da sehen wir dann auf demselben alten Stengelquerschnitt Hunderte von theilweise abgeschmolzenen Stärkekörnern, an deren reducirter Oberfläche durch die wiedererwachte Thätigkeit des Stärkebildners neue Theile in Gestalt von Hügeln, Warzen, Kegeln u. s. w. aufgelagert erscheinen (Fig. 128, 137, 140, 144, 174, 175). Der Schichtenverlauf im alten, theilweise geschmolzenen Theil eines solchen Kornes und die Lage des zugehörigen Chloroplasten, verbunden mit der Configuration der Ansatzstelle des neuen, zugewachsenen Theiles — alle diese Momente zusammengenommen, belehren alsbald darüber, dass wir es mit alten und mit neuen Theilen eines und desselben Kornes zu thun haben, welches in seinem Schicksalsgang bereits eine Periode der Auflösung oder unter Umständen sogar mehrere solcher Perioden zu verzeichnen hat. Ich habe bei meiner Untersuchung eine grosse Zahl solcher Produkte intermittirender Thätigkeit von Stärkebildnern beobachtet und gezeichnet, und ich glaube, dass es keine sprechenderen Belege für die Appositionstheorie des Wachsens der Stärkekörner geben kann, als es diese Amylumsonderlinge von Pellionia sind.

Noch sei erwähnt, dass ich unter zahllosen Stärkekörnern mit Abschmelzungserscheinungen nur zwei Mal je einem Korn begegnet bin, welches nebst den Anzeichen von Auflösung mittels Abschmelzens auch Kanalbildung zeigte: es sind die beiden in Fig. 145 und 146 dargestellten Körner, jenes mit verzweigten Porenkanälen, dieses mit einer bohrlochartigen Vertiefung am breiteren und dickeren Theil.

Die Auflösung der Pellioniastärke findet ohne Zweifel durch die Einwirkung des als Diastase bezeichneten Fermentes statt. Krabbe hat in seiner Untersuchung über das Diastaseferment (in Pringsh. Jahrb. f. w. Botanik Band XXI) eine Anzahl von Experimenten mitgetheilt, welche darauf hindeuten, dass Diastase nicht durch geschlossene vegetabilische Membranen hindurchwandern kann, ebenso wenig als Diastase im Stande ist, Stärkekörner auszulaugen. Der genannte Autor hält dafür, dass die Diastase ein Colloidkörper sei, dessen Moleküle zu grösseren Verbänden (Micellen) derart vereinigt sind, dass von einem Durchgang derselben durch die intermicellaren Interstitien der Stärke und der Cellulose keine Rede sein könne. — Eine gelegentliche Beobachtung bei Pellionia scheint diese Annahme ebenfalls zu bestätigen und könnte wohl als Ausgangspunkt einer Reihe weiterer Experimente dienen. Auf dem Querschnitt durch ein altes, aber immerhin noch lebendiges Stengelstück von Pellionia fand ich die Stärkekörner in den Parenchymzellen von Rinde und Mark zum

Theil halb, zum Theil fast ganz aufgelöst. Nur in einigen wenigen Zellen der Rinde des Stengels sah ich die Stärkekörner noch in ihrer Maximalgrösse, intakt — und die Zellen daher noch dicht erfüllend. Der Contrast zwischen diesen mit grossen Amylumkörnern vollgepfropften Zellen einerseits und den rings anliegenden entstärkten Zellen desselben Gewebes anderseits war so frappant, dass er zu genauerer Untersuchung des Falles herausforderte. Es ergab sich, dass diese Sonderlinge von Stengelzellen durch eine Adventivwurzel getödtet wurden, als diese die Parenchymrinde des mütterlichen Organes durchbrach. Es geschah dies offenbar zu einer Zeit, als alle Rindenparenchymzellen des betreffenden Stengelstückes ihren Maximalgehalt an Stärke besassen. Seit dem Tod jener an die Peripherie der Adventivwurzel grenzenden Stengelzellen wurde offenbar in den benachbarten lebendigen Parenchymzellen des Mutterorganes die Stärke in gewohnter Art aufgelöst, während in den wenigen getödteten Zellen der Auflösungsprocess unterblieb. Hier war das Cytoplasma todt, es waren auch die Stärkebildner abgestorben, farblos; in den todten Zellen wurde also keine Diastase gebildet und weil die ursprünglich vorhandenen Stärkekörner in den todten Zellen unverändert blieben, indess die Stärkekörner der unmittelbar angrenzenden lebendigen Zellen sich auflösten, so bleibt kein anderer Schluss übrig, als: Die Diastase, welche in den lebendigen, stärkeführenden Zellen gebildet wird und dort die Amylumkörner auflöst, vermag nicht durch die allseitig geschlossene Membran hinüber zu diffundiren in andere Zellen; sie muss also an Ort und Stelle, in jeder Zelle gebildet werden, wo sie Stärkekörner aufzulösen hat.

Eine Reihe anderer Fragen, die ich hier nicht berühren konnte, mögen weiter ausgedehnte Untersuchungen beantworten, welche einer meiner Praktikanten begonnen hat und mit der nöthigen Muse demnächst zu Ende führen wird.

Zürich, 5. Januar 1892.

Erklärung der Figuren.

Tafel V und VI.

Zum Zwecke der Vereinfachung der Citate im Text sind die sämmtlichen Stärkekornfiguren in fortlaufender Nummerreihe bezeichnet worden. Alle Figuren 578 Mal vergrössert.

Fig. 1—39. Junge Stärkekörner mit Chloroplasten aus einem Längsschnitt in der Nähe der Stengelspitze. Objecte mit Osmiumsäure fixirt.

Fig. 40—70. Etwas weiter entwickelte Stärkekörner untermischt mit noch ganz jungen — aus einem kräftigen Internodium des beblätterten Sprosses. (Objecte mit Osmiumsäure fixirt.) Die Chloroplastenklappen in schönster Entwickelung. Bei *N* ein Zellkern.

Fig. 71—87. Halbausgewachsene Stärkekörner mit den anliegenden Chloroplasten und feinen Plasmahäutchen aus dem Querschnitt eines Stengelstückes, das etliche Monate in absolutem Alkohol gelegen hatte. Die Schnitte wurden mit verdünnter Methylviolettlösung tingirt, wobei die Chloroplasten und die feinen Plasmahäutchen sich intensiv färbten. Zeichnungen nach dem Prisma; Zeiss'scher Apochromat 4,0; Compensationsocular 12.

Fig. 88—107. Ganz ausgewachsene Stärkekörner aus einem völlig entwickelten, kräftigen Internodium. Die Querschnitte mit Pikronigrosin versetzt; Schichtung sehr deutlich. Bei der Präparation verloren manche Stärkekörner die zugehörenden Chloroplasten. Vergrösserung mit denselben optischen Hilfsmitteln wie Fig. 71—87.

Fig. 108—124. Stärkekörner aus einem sehr alten, blattlosen Internodium. Querschnitte mit Osmiumsäure versetzt. In Fig. 120 ein monströses Stärkekorn mit drei noch anhaftenden Chloroplasten und neun warzenförmig vorspringenden Aufsätzen. Länge dieses Kornes: $103\frac{1}{2}$ Mikromillimeter. Zeichnungen nach dem Prisma; Zeiss'sche Correction F, Ocular 2.

Fig. 125—144. Primäre Abschmelzungsstadien ganz alter Stärkekörner aus einem lebenden, sehr alten, blattlosen Stengelinternodium. Die Chloroplasten oft zu 2, 3 an demselben Stärkekorn haftend, bilden intermittirend neue Stärkehügel. Objecte mit Osmiumsäure fixirt. Nach dem Prisma; Apochromat 4,0; Compensationsocular 12.

Fig. 145—173. Weit vorgeschrittene Abschmelzungsstadien der Stärkekörner eines sehr alten, blattlosen, bewurzelten Internodiums, in welchem viele Stärkekörner ganz, andere zur Hälfte, andere zu drei Viertel und andere fast ganz aufgelöst waren. Bei Fig. 145 und 146 Ausnahmsfälle mit Schmelzkanälen. Objecte mit Osmiumsäure fixirt. Nach dem Prisma. Apochromat 4,0.

Fig. 174 und 175. Zwei Stärkekörner, jedes bestehend aus zwei sehr ungleich alten Theilen, deren älterer ohne Chloroplast und stark abgeschmolzen ist, indess der jüngere Theil noch einen thätigen, grünen Stärkebildner trägt. Dergleichen Fälle waren in demselben Querschnitt durch ein sehr altes Stengelstück häufig anzutreffen. Objecte mit Osmiumsäure fixirt.

Ueber die Cultur von Meeresalgen in Aquarien.

Von F. Noll.

In einer kürzlich erschienenen Schrift „Ueber die Cultur- und Lebensbedingungen der Meeresalgen“[1]) hat F. Oltmanns in dankenswerther Weise versucht, für die Cultur dieser Pflanzen auf experimentellem Wege gewonnene Anhaltspunkte zu geben.

Wer einmal selbst in der Lage war, die nach so vielen Richtungen hin hochinteressanten Bewohner des Meeres längere Zeit hindurch in geschlossenen Behältern bei normalem Wuchs erhalten zu wollen, wird die Schwierigkeiten nur zu sehr erfahren haben, denen diese Zuchtversuche so oft begegnen. Für ein erfolgreiches Studium, für eine fortgesetzte Beobachtung ist aber gerade bei den Meeresalgen die Zucht in leicht zugänglichen Behältern durchaus wünschenswerth, ja unumgänglich, weil die Tiefenverhältnisse des Standortes oder selbst bei mehr oberflächlichem Vorkommen die unberechenbaren Bewegungen des Meeresspiegels die fortlaufende Beobachtung bestimmter, dazu ausersehener Pflanzen ganz unmöglich machen.

Die betreffenden Versuche von Oltmanns ziehen vornehmlich die Einwirkung wechselnden Salzgehaltes, den Einfluss der Beleuchtung und der Temperatur in Betracht. Trotz sorgfältiger Regelung dieser drei Factoren, welche die natürlichen Verhältnisse zum Theil peinlich genau wiedergeben sollten, waren die Erfolge keineswegs ganz befriedigend und entsprachen nicht den aufgewandten, theilweise recht mühevollen und kostspieligen Anordnungen — ein Zeichen, dass die, wenn auch noch so genaue Berücksichtigung dieser Verhältnisse allein für das vollständige Wohlbefinden der Pflanzen nicht ausreicht.

Da ich selbst Meeresalgen lange Zeit hindurch in Aquarien cultivirte und zwar nicht nur an der Meeresküste, sondern auch mitten im deutschen Binnenlande, und nach den ersten Misserfolgen schliess-

1) Pringsheim's Jahrb. für wiss. Botanik Bd. XXIII Heft 3 1892. Dort auch einschlägige Litteratur, auf die ich hier nur zum Theil zurückkomme.

lich dabei zu recht befriedigenden Ergebnissen gelangt bin, hoffe ich durch folgende Mittheilungen die Bemühungen von Fachgenossen in dieser Richtung etwas fördern zu können.

Ich muss dabei von vornherein bemerken, dass es mir bei meinen Culturversuchen vor allem auf eine gute normale Fortentwickelung der Pflanzen selbst ankam, nicht aber auf eine vergleichend-kritische Untersuchung der Culturmethoden an sich, wie sie sich Oltmanns zur Aufgabe gestellt hatte. Ich kann also nur sagen, dass ich mit der Befolgung gewisser Maassregeln, die sich mir aus Ueberlegungen und Beobachtungen ergaben, gute Erfolge erzielte wie ich sie ohne deren Beachtung nicht gewonnen hatte.

Es wäre eine weitere Aufgabe, eingehend zu prüfen, welche dieser Maassregeln von wesentlicher Bedeutung für das Gedeihen sind und welche andere vielleicht überflüssig waren. Zur Entscheidung dieser Frage können nur eigens angestellte vergleichende Beobachtungen an reichem Material dienen, wie dasselbe nur an einer Küste zur Verfügung steht. Der Ausfall dieser Entscheidung ist für uns zunächst aber gleichgiltig; es handelt sich vorerst um die Erreichung des wichtigsten Zieles, um die Möglichkeit, Algen im Aquarium überhaupt einmal für längere Zeit zu züchten und zu gedeihlicher Entwickelung zu bringen.

Die Hauptpunkte, welche mir hierbei in Betracht zu kommen scheinen, sind: eine ausreichende Ernährung, eine angemessene Belichtung, Temperatur und Lüftung und vor allem auch Ruhe oder doch eine gewisse Stetigkeit in den gebotenen Verhältnissen.

Eine vollkommene, alle nothwendigen Bestandtheile bietende Ernährung ist natürlich die erste und wichtigste Vorbedingung für das Bestehen und die Weiterentwickelung jedes Organismus. Gerade die vollkommene Ernährung wird aber bei der Cultur von Meeresalgen in Aquarien merkwürdigerweise am meisten ausser Acht gelassen. Man nimmt gewöhnlich an, dass die Pflanze aus dem reichen Salzgehalt des Meerwassers alle ihre mineralischen Nährstoffe zur Genüge schöpfen könne. Für die offene See ist das auch zutreffend, gilt aber durchaus nicht auch für kleinere Wassermengen, wie sie Aquarien der Pflanze zur Verfügung stellen. Die Analysen des Meerwassers zeigen, dass dasselbe Kali, Natron, Kalk und Magnesia in der Form von Chloriden, Bromiden und Sulfaten seiner Pflanzenwelt im Ueberfluss darbietet. Aus den Aschenanalysen und den Wasserculturversuchen von Land- und Süsswasserpflanzen weiss man aber, dass damit die Reihe der nothwendigsten Nährstoffe keineswegs erschöpft ist, dass

vor Allem auch Phosphate und gewisse Stickstoffverbindungen durchaus zu einer vollständigen Ernährung der Pflanze gehören, da sie zur Bildung des Protoplasmas und der Kernsubstanz unumgänglich nöthig sind. Diese Bedeutung für den Aufbau des Protoplasmakörpers macht die genannten Stoffe aber auch für die Meeresalgen ganz unentbehrlich.[1]) Betrachtet man aber selbst die genauesten Meerwasseranalysen auf den Gehalt an Phosphaten und den nothwendigen Stickstoffverbindungen, so findet man davon entweder nichts oder höchstens unbestimmbar geringe Spuren angegeben. Es sind also in dem Meerwasser nur äusserst geringe Mengen dieser hochwichtigen Nährstoffe gelöst, — äusserst geringe natürlich nur insofern, als ihre relative Menge gegenüber anderen, reicher vertretenen Mineralbestandtheilen in Betracht gezogen wird. Die von dem Wasser der Ozeane gelösten absoluten Mengen dieser Stoffe sind wohl trotzdem sehr ansehnlich. Denn dass das Meerwasser diese Stoffe, wenn auch in sehr starker Verdünnung, doch wirklich enthält, geht nicht nur aus dem Vorhandensein seiner reichen Lebewelt hervor, sondern auch daraus, dass die Quellen seines Salzgehaltes, die Gesteinsmassen des festen Erdkerns und die den Erdboden fortwährend noch auslaugenden Süsswasseradern Phosphate und anorganische Stickstoffverbindungen thatsächlich enthalten. Wenn die mit verhältnissmässig geringen Wassermengen angestellten chemischen Analysen des Seewassers kaum Spuren dieser Stoffe aufweisen, so beweist das eben weiter nichts, als deren sehr starke Verdünnung.

Der in dem Protoplasma einer grossen Meeresalge enthaltene Stickstoff und Phosphor muss demnach einem ausserordentlich grossen Wasserquantum entstammen, etwa so wie der Kohlenstoffgehalt einer Landpflanze bei dem geringen Kohlensäuregehalt der Luft nur einem sehr grossen Luftquantum entnommen worden sein kann. Wäre der Nitrat- und Phosphatgehalt des Meerwassers ebenso gut bekannt, wie das Kohlensäureprocent der Luft, so könnte man für eine Meeresalge auch angeben wie viele Cubikmeter Meerwasser nöthig waren, um ihr den nothwendigen Stickstoff und Phosphor zu liefern, und es käme für eine mittelgrosse Alge gewiss eine ansehnliche Zahl dabei heraus.

Will man dem gegenüber Algen in Seewasserbehältern zur Ent-

---

1) Obwohl das meines Wissens noch nicht durch exacte Analysen, verbunden mit kritischen Cultursversuchen bei Meeresalgen untersucht wurde, ist es doch über allen Zweifel erhaben zu erachten.

wickelung bringen, welche nur einige Liter Wasser enthalten, so muss man daran denken, dass diese Wassermenge den Phosphor und den Stickstoff für vielleicht eine, höchstens ein paar neue Zellen zu liefern vermag, und nicht mehr. Ein kräftiges Gedeihen ist unter diesen Umständen natürlich nicht zu erwarten. Dass trotzdem viele dem freien Meere entnommene Algen, die schon eine beträchtliche Grösse besitzen, in solch beschränkter Wassermenge sich einige Zeit kräftig fortentwickeln, scheint dem zu widersprechen. Aber dieser Widerspruch kann bei der Lage der Dinge doch nur ein scheinbarer sein und wird dadurch erklärt, dass diese älteren Pflanzen aus dem Meere einen Reservevorrath an diesen Stoffen mitbringen, ähnlich wie viele Landpflanzen ihn nach Schimper in ihren Geweben, zumal im Zellsaft des Markes, oft massenhaft aufspeichern. Allgemein bekannt ist ja auch der hohe Gehalt des Zellsaftes so vieler Meeresalgen an gelösten oder oft charakteristisch geformten Stickstoffkörpern (Proteïnkörpern). Beim Cultiviren im kleinen Aquarium sieht man diese Körper allmählich schwinden; sie werden beim Weiterwachsen aufgebraucht. Dem endlichen Stillstand des Wachsthums und dem schliesslichen Absterben geht dann zuletzt oft eine abnorme Anhäufung von Kohlehydraten voraus, die aus Mangel an Stickstoff und Phosphor nicht mehr in der Neubildung plasmatischer Körper aufgehen können. — Der Mangel an nothwendigen Nährstoffen, welcher sich im Wasser eines kleinen Behälters bald einstellt, macht sich natürlich bei jungen Pflänzchen, besonders bei Keimlingen, deren Reservevorrath gering ist, viel eher und deutlicher bemerkbar, als an grossen älteren Pflanzen; dadurch wird die durchgehende, etwas geheimnissvoll lautende Klage der meisten Algenzüchter verständlich, dass es ihnen wohl gelungen sei, grössere Algenpflanzen in ihrem Behälter zur Fortentwickelung zu bringen, nicht aber, dieselbe Alge aus der Spore über die ersten Keimstadien hinaus zu cultiviren.

Neben Stickstoff und Phosphor muss noch ein weiteres Element berücksichtigt werden, dessen Bedeutung für die Ernährung der Meeresalgen aber nicht in gleicher Weise ausser Zweifel steht. Es ist das Jod in seinen Verbindungen. Jod wird von vielen Seealgen, wie bekannt, so reichlich aufgenommen, dass die Asche derselben als ein sehr wichtiges Rohmaterial zur technischen Jodgewinnung benutzt wird. Es ist aber noch ganz unbekannt, welche Rolle das Jod in dem Stoffwechsel der Alge übernimmt, ob die eines wesentlichen Factors oder eines mehr nebensächlichen Begleitstoffes, wie ihn die Kieselsäure vieler Landpflanzen darstellt. Die durch das Fehlen einschlä-

giger Untersuchungen[1]) offen stehende Möglichkeit, dass Jodverbindungen für den Stoffwechsel der Meeresalge unentbehrlich sein könnten, legt dem Züchter dieser Pflanzen vorläufig noch die Sorge auf, auch Jodverbindungen denselben in genügendem Maasse darzubieten. Aber auch hierbei stossen wir wieder auf dieselbe Erscheinung, dass das Meerwasser Jod nur in äusserster Verdünnung enthält, so dass die Analysen auch davon bisher nur unwägbare Spuren ergeben haben. Auch das Jod einer Meeresalge entstammt also einem sehr viel Mal grösseren Wasserquantum, als ein Aquarium es enthält und man muss sich vorstellen, dass die Algen im Meere als Anziehungsmittelpunkte das so verdünnt auftretende Jod ständig an sich ziehen und in anderer Form speichern. Bewegtes Wasser wird diesen Vorgang fördern und bei der Trägheit, womit die Diffusionsvorgänge im Wasser sich abspielen, überhaupt zu einem lebhaften Stoffwechsel der Pflanzen wesentlich beitragen. Demgemäss trifft man im freien Meere auch dort die üppigste Algenvegetation und die schnellste Produktion von organischer Substanz an, wo unter sonst günstigen Verhältnissen mässige Strömungen oder das Wogen der Brandung die Algen mit immer neuen, noch unausgebeuteten Wassertheilen in Berührung bringen. Oertlichkeiten mit sehr ruhigem, stagnirendem Wasser tragen dagegen, auch wenn alle übrigen Vegetationsbedingungen die günstigsten sind, nur eine verhältnissmässig schwache und langsam wachsende Algenbekleidung.[2])

Das Ergebniss unserer bisherigen Betrachtungen war die Einsicht, dass in kleinen Seewasserbehältern sich sehr bald für die Algen ein Mangel an unentbehrlichen Nährstoffen einstellen muss. Diesem Uebelstand kann in verschiedener Weise abgeholfen werden. Die grosse, den Algen im offenen Meer zur Verfügung stehende Wassermenge kann denselben nach und nach zur Ausnutzung geboten werden durch stetigen Wasserwechsel. Abgesehen von den technischen Schwierigkeiten, welche ein derartiges Verfahren bei Algenculturen, besonders im Binnenland, bieten würde, hat es auch für die Culturen oft grosse Nachtheile im Gefolge. Schon Oltmanns hat darauf hingewiesen, dass ein Wechseln des Wassers von Zeit zu Zeit immer mit Störungen für die Algen verknüpft ist und macht darauf aufmerksam, dass Verschiedenheiten im Wärmezustand und Salzgehalt

1) welche als Vorbedingung eben ein sicheres künstliches Kulturverfahren der Meeresalgen verlangen.

2) Vergl. bei Berthold, Ueber die Vertheilung der Algen im Golf von Neapel (Mitth. aus der Zool. Station zu Neapel) Bd. 3 Heft 4 S. 413.

der ausgewechselten Wassermengen diese Störungen besonders bedingen. Ich kann dem noch hinzufügen, dass die blosse Beunruhigung einer Alge durch den Wasserwirbel, wenn sie sonst grosse Ruhe gewöhnt war, eine Störung im Wachsen und Wohlbefinden hervorrufen kann, zumal wenn das umgebende Medium so plötzlich, wie in diesem Falle unvermeidlich, eine etwas andere Beschaffenheit mitbringt. Aber auch dann, wenn die äusseren Umstände so günstig lägen, dass man beständig einen feinen Strom frischen Seewassers in den Behälter einführen könnte, wodurch jene Art von Störungen vermieden würde, wäre dies Verfahren ja nicht immer anwendbar. Ausschlüpfende Schwärmer und Tetrasporen, lange dünne Algenfäden und andere leicht bewegliche Körper kommen in die Gefahr von dem abfliessenden Wasser mitgerissen und so der Beobachtung entzogen zu werden. Auch bei Ueberfluss an verfügbarem frischem Seewasser wird man daher Algen unter Umständen ganz ohne Wasserwechsel längere Zeit erhalten müssen. Da können nun Thiere, welche mit den Pflanzen zusammen gehalten werden, gute Dienste thun, besonders solche, die sich von Fleischkost nähren und einen regen Stoffwechsel haben, wie Fische und kleine Krebse. Das als Thierfutter in den Behälter eingeführte Fleisch ist dann nach seiner Verarbeitung durch den Thierkörper die Stickstoff- und Phosphorquelle für die Algen. In Behältern, in denen Pflanzen und Thiere zusammen gehalten werden, sieht man daher oft Algen prächtig gedeihen. Auch bei Süsswasseraquarien hat man es längst als erspriesslich erkannt, Thiere mit Pflanzen zusammen zu halten, und hat dafür die bekannte Erklärung bei der Hand, dass der Gaswechsel beider als ein in seinen Produkten umgekehrter sich gegenseitig schön ergänze. Ich halte dafür, dass die erwähnten anderen thierischen Stoffwechselprodukte den Pflanzen im Aquarium viel nothwendiger sind, als die ausgeschiedene Kohlensäure und dass durch jene die zweckmässige Vergesellschaftung von Thier und Pflanze viel mehr bedingt wird, als durch die Produkte des Gaswechsels. Verminderter Partiärdruck der Kohlensäure im Wasser wird ständig wieder aus dem grossen Kohlensäurevorrath der atmosphärischen Luft ergänzt,[1]) nicht aber können die aufnahmefähigen Stickstoff- und Phosphorverbindungen aus einer ähnlichen Quelle ständig erneuert werden, sondern sind in kleinen Behältern bald völliger Erschöpfung ausgesetzt.

1) Dass sich ein solcher Gaswechsel ausreichend rasch vollzieht, beweist die Existenz von lebhaft athmenden Fischen in den bekannten kleinen pflanzenleeren Goldfischgläsern.

Das Halten von Thieren mit Beobachtungspflanzen zusammen bringt aber andererseits, selbst wenn man sehr geeignete Thiere dazu gefunden hat, wieder manche unvorhergesehene Nachtheile mit sich, so dass das Ergebniss solcher Zuchtversuche keineswegs immer erfreulich ist. Nicht nur die Bewegungen der Thiere sind es, welche die Beobachtung oft stören, auch der an organischen Stoffen reiche Auswurf oder verschmähte Nahrung werden oft lästig als Brutstätte von Bacterien und Infusorien, die zuweilen unverhofft in Menge auftreten, das Wasser trüben und gar übelriechend machen. Ich habe schliesslich ganz auf das Zusammenhalten von Thieren und Pflanzen verzichtet, wo es mir auf Beobachtungspflanzen ankam, und die letzteren in Behältern mit ganz klarem Seewasser erzogen. Das in so beschränktem Quantum sehr bald eine unvollkommene Nährlösung darstellende Seewasser wurde durch zeitweiligen Zusatz von Nitraten, Phosphaten und Jodiden der Alkalien und Erdalkalimetalle zu einer vollkommenen Nährlösung ergänzt. Das Zusetzen der fehlenden Nährsalze in chemisch reinem Zustande ist nicht nur der sicherste und reinlichste, sondern auch der bequemste Weg, um dieses Ziel zu erreichen. Nitrat wurde als salpetersaures Kali, Phosphat als phosphorsaurer Kalk und das Jod als Jodkali gegeben, das Kalkphosphat in Wasser suspendirt, die beiden anderen Salze, denen eine Spur Eisenvitriol zugefügt war, in Wasser gelöst. Von Zeit zu Zeit wurden davon dem Algenbehälter ein bis einige Tropfen zugesetzt, je nach Raumgehalt desselben, nach Anzahl und Wachsthum der Pflanzen. Die Mischung mit dem Seewasser wurde vorsichtig mit einem Glasstab vorgenommen. Es gelang so, selbst in kleineren Gefässen sehr kräftig entwickelte Algen, auch aus jugendlichen Stadien, heranzuziehen.

Die Einwirkungen des Lichtes auf die Meeresalgen sind diejenigen, welche, besonders durch die Untersuchungen Berthold's auf der Station zu Neapel, mit am besten studiert und bekannt sind. Berthold zeigte, welch' tiefgehenden Einfluss die Beleuchtung auf die Meeresalgen ausübt. Es zeigt sich diese Einwirkung schon äusserlich in der starken heliotropischen Reizbarkeit, während der Geotropismus kaum wahrnehmbar wird, und weiterhin in den heftigen Affectionen, die ein stärkeres, als das gewohnte Licht bei vielen Seealgen hervorruft. Der hohen Reizbarkeit gegen Lichtwirkungen misst Berthold eine so grosse Bedeutung bei, dass er das Irisiren mancher Algen, die Behaarung anderer geradezu als Lichtschutzeinrichtungen deutet.[1])

1) Vergl. darüber auch Noll, Experimentelle Untersuchungen über das Wachsthum der Zellmembran S. 149.

In der That ist die Empfindlichkeit vieler Algen gegen zu intensive Beleuchtung, insbesondere gegen anhaltende Besonnung auffallend. An Stellen, welche im Winter beschattet sind und welche zu dieser Zeit eine reiche Algenflora tragen, sieht man mit höher steigender Sonne im Frühjahr und Sommer eine Art nach der anderen absterben und verschwinden, bis schliesslich nur wenige Formen aushalten, welchen das starke Licht nicht in dem Maasse schadet. Es ergibt sich daraus die Mahnung, bei der Algenzucht allzu intensives Licht von den Aquarien fernzuhalten und besonders unmittelbare Besonnung auf längere Zeit nicht zuzulassen. Im Uebrigen richte man sich bei der sehr verschiedenen Empfindlichkeit der Algen für Lichteinwirkungen nach den Beleuchtungsverhältnissen bevorzugter Standorte; man halte Algen aus der Tiefe und aus getrübtem Wasser dunkler als solche, deren natürlicher Standort nahe dem Meeresspiegel ist. Dass ausserdem noch die wechselnden rein örtlichen Beleuchtungsverhältnisse sehr in Betracht gezogen werden müssen, geht überzeugend aus der Beobachtung Falkenberg's[1]) hervor, dass in der Grotte del Tuono, in deren Gänge das Meer hineinspült, diejenigen Algen in einer gewissen Entfernung vom Eingang ganz nahe der Oberfläche gedeihen, die sonst nur in grossen Tiefen gefunden werden. Es findet sich in dieser Grotte die durch Lichtintensität bedingte Vertheilung der Algenformen, die sonst in verticaler Richtung abwärts auftritt, in horizontaler Richtung vor. Durch Annäherung oder Entfernung von einem Fenster[2]) kann man übrigens leicht die Beleuchtung der Culturen den Bedürfnissen entsprechend einrichten.

Das stärkste Licht kommt der Alge in der Freiheit fast immer von oben zu oder doch wenigstens in vorherrschender Stärke aus einer bestimmten anderen Richtung, zu welcher die Pflanze dann meist entsprechend Stellung nimmt. Die Flanken einer orthotropen Alge werden daher nur von sehr diffusem Lichtschimmer senkrecht getroffen, die Sprossspitzen dagegen vom kräftigsten Licht der Länge nach durchstrahlt. In Glasbehältern, in denen man der Beobachtung wegen Algen meist cultivirt, ist das aber anders, da fällt das directe Himmelslicht nicht bloss von oben, sondern auch sehr kräftig von der Seite durch die Glaswand auf die Pflanze ein. Sachs machte mich zuerst darauf aufmerksam, dass man gut thue, dies zu verhindern, und das kann ja auch sehr einfach geschehen dadurch, dass man die

1) Mittheil. aus der Zool. Station zu Neapel Bd. 1.

2) Genaueres darüber bei Detlefsen in Sachs' Arbeiten des Botan. Inst. zu Würzburg Bd. 3 Heft I S. 88.

dem Fenster zugekehrte Seite des Glasbehälters mit einem Bogen weissen oder farbigen Papiers bekleidet, die dem Zimmer zugewandte Seite dagegen zur Beobachtung offen lässt. Die Alge erhält dann, wie im Freien, das stärkste Licht nur von oben, ist von den Seiten her nur schwach diffus beleuchtet und lohnt die kleine Sorgfalt durch guten, vor Allem durch schön normalen Wuchs. An den einmal gewohnten Beleuchtungsverhältnissen ändere man nachträglich so wenig wie möglich; man drehe den Behälter nicht um und wechsele nicht mit den Fenstern verschiedener Himmelsrichtungen. Wird ihr nur Ruhe gelassen, dann passt sich die Pflanze auch gemach an Beleuchtungsstärken an, die ihr anfänglich nicht ganz zusagten. Das Herumtragen von einem Ort zum andern stört schon eine, doch an reichere Abwechslung in der Umgebung gewöhnte Landpflanze — wie man leicht bei der physiologischen Untersuchhung feinerer Lebensvorgänge erkennt —, um so mehr aber eine an grosse Stetigkeit gewöhnte zarte Meeresalge.

Der Wärmegrad des Wassers, welcher bei den Culturen ebenfalls zu beachten ist, kommt nicht nur als Wärmezustand an sich in Betracht, sondern auch noch mittelbar, durch die mit verschiedenen Temperaturen wechselnden Eigenschaften des Wassers. Die Thatsache, dass viele Algen kalten und wärmeren Meeren gemeinsam sind, dass sie sowohl im Winter bei wenigen Graden über Null wie auch im Sommer bei höheren Temperaturen gedeihen, sofern die sonstigen Umständ eihnen günstig sind, zeigt, dass der Wärmezustand an sich innerhalb gewisser Grenzen keinen so unmittelbaren gradweisen Einfluss auf das Wachsthum der Algen unserer Meere ausübt, wie auf das unserer meisten Landpflanzen. Die Beschränkung gewisser anderer Algenformen auf warme Meere beweist aber doch, dass es auch Algen gibt, die ein höher gelegenes Temperaturminimum für ihr Gedeihen verlangen und dass die Wasserwärme auch für sie in ihrer Gesammtheit durchaus nicht ganz gleichgiltig ist.

Dem gegenüber ist es gewiss merkwürdig zu sehen, dass das beste Gedeihen der Algen wenigstens an den europäischen Küsten[1]) gerade in die Wintermonate fällt, und dass kalte Meere sich durchweg durch grossartigere, gewaltigere Formen auszeichnen als die tropischen Meere. Welcher Tang eines wärmeren Meeres könnte sich mit den Riesenpflanzen eines Macrocystiswaldes oder mit den stämmigen Lessonien messen, wie sie die kalten Meere der südlichen und nördlichen Halbkugel beherbergen? Auf dem Festlande sehen wir mit wechseln-

---

1) und besonders in den oberen Wasserschichten.

der Wärmevertheilung sich das Bild doch gerade umgekehrt gestalten. Der Schlüssel zum Verständniss dieser Erscheinung liegt vielleicht darin, dass das Wasser mit steigender oder fallender Wärme auch seine Aufnahmefähigkeit für lösbare Stoffe ändert. Für den Salzgehalt kommt das nicht in Betracht, da derselbe innerhalb der vorkommenden Wärmeschwankungen wenigstens bis zum Gefrierpunkt beständig bleibt, wohl aber für den Gehalt an Gasen. Die Aufnahmefähigkeit des Wassers für diese steigt mit zunehmender Erkaltung und zunehmendem Drucke ganz erheblich. Kaltes Wasser ist viel reicher an gelöstem Sauerstoff und an gelöster Kohlensäure, als warmes und da diese beiden Gase im Stoffwechsel der Algen sehr gewichtige Rollen spielen, so stellt kaltes Wasser mithin eine kräftigere Nährlösung dar, als warmes. Es geht daraus hervor, dass es vortheilhaft ist, das Wasser der Zuchtbehälter nicht zu warm werden zu lassen; 10—12° C. sollte der äusserste Wärmegrad sein, auf welchen man das Wasser kommen lässt.

Mit erhöhter Temperatur stellt sich aber nicht nur der Nachtheil eines zunehmenden „Abstehens“ des Wassers ein, sondern es treten auch noch weitere der Algenzucht feindliche Factoren auf. Während das Wachsthum der Algen unserer Meere schon wenige Grade über Null sehr beträchtlich ist und mit erhöhter Temperatur nicht sehr auffällig in seinem normalen Verlauf gesteigert wird, kommt bei steigender Wärme das Wasser dem Temperaturoptimum für das Wachsthum und die Vermehrung von Organismen näher, welche die Algen in kurzer Zeit überwuchern, durch Vorwegnahme der Mineralstoffe und Gase sie aushungern und ersticken oder sie, die in dem abgestandenen Wasser geschwächt sind und kränkeln, parasitischen Angriffen preisgeben. Es ist das unheimliche Heer der Bacterien, Oscillarien, Spirulinen, colonienbildender Diatomeen und anderer kleiner Formen, deren Vermehrung aus vorhandenen Keimen bei niederen Wärmegraden in engen Schranken gehalten wurde, die aber nun auf Kosten der Pfleglinge mit einer Energie von dem Behälter Besitz ergreifen, welche jeder Abwehr spottet. Sind diese Sippen erst einmal im Behälter zur Herrschaft gelangt, dann kann man von vornherein alle Versuche aufgeben, noch einmal grössere Algen aufbringen zu wollen. Man giesse, ohne Zeit zu verlieren, den ganzen Inhalt weg, desinficiere gründlich und beginne mit neuen Versuchen. — Das Kühlhalten des Wassers ist somit aus ganz verschiedenen Gründen anzurathen.

Ich machte es mir zur Regel besonders Algen, welche aus grösseren Tiefen stammten, zunächst recht kühl zu halten, vornehmlich

wegen des Gasgehaltes, von dem ich annahm, dass er unter dem Druck so vieler Atmosphären, wie er in der Tiefe[1]) herrscht, ansehnlich grösser als an der Oberfläche sein müsse. Was ich durch Druck nicht nachahmen konnte, sollte wenigstens durch niedrige Temperatur einigermaassen geboten werden. Das Ergebniss dieses Verfahrens war erfolgreich, obgleich die Voraussetzung, wie ich später erfuhr, nicht zutraf. Die Untersuchungen über den Gasgehalt des Meerwassers haben nämlich das mir auffallende Resultat ergeben, dass der Gasgehalt in den verschiedensten Tiefen zwar dem jeweiligen Sättigungsgrad bei der jeweilig herrschenden Temperatur der Wassermasse entspricht, aber vom Druck, unter dem das Wasser steht, scheinbar ganz unabhängig ist, — obgleich ja auch mit dem Druck der Sättigungspunkt wechselt, wie das jede Flasche moussirenden Wassers vor Augen führt. In dem Bericht über „die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt. ‚Drache‘ in der Nordsee in den Sommern 1881, 82 und 84“ sagt Jacobsen S. 16: „In Betreff der absoluten Menge des Stickstoffs und Sauerstoffs[2]) im Tiefseewasser stellte sich heraus, dass die Summe dieser beiden Gase immer nahezu gleich ist derjenigen Menge derselben, welche das Wasser bei seiner wirklichen Tiefentemperatur an der Meeresoberfläche aus der Atmosphäre aufnehmen würde.“ . . . Auch aus dem in den Tabellen mitgetheilten Kohlensäuregehalt (der freien, sog. sauer gebundenen Kohlensäure) lässt sich entnehmen, dass derselbe mit zunehmender Tiefe nicht zunimmt, sondern sich überall ziemlich gleich bleibt.

Der vierte Hauptpunkt, welcher bei der Algencultur beachtet werden muss, ist die Gewährung von Ruhe oder doch von Stetigkeit in den einmal gebotenen Verhältnissen. Schon bei der Besprechung der Beleuchtung wurde des schädlichen Einflusses gedacht, welchen öfteres Umstellen an verschieden belichtete Orte oder ein Umdrehen am selben Orte mit sich bringt. Unsanfte Berührungen und heftigere Bewegungen des Wassers, wenn die Pflanze an Ruhe gewöhnt ist, überhaupt jede Aenderung in der gewohnten Umgebung ruft geringere oder stärkere Störungen bei diesen empfindlichen Pflanzen

1) Worauf es beruht, dass Algen, die aus grossen Tiefen heraufgeholt, also von einem äusseren Druck vieler Atmosphären befreit werden, nicht nachträglich unter vermindertem Aussendruck durch ihre osmotischen Kräfte platzen und auch sonst scheinbar gar nicht leiden, ist noch unerklärt.

2) Nur von diesen ist in dem Abschnitt die Rede. Bei der Bestimmung der Kohlensäure fehlt diese Angabe, wird aber auch für sie jedenfalls Geltung haben.

hervor. Ist die Alge jedoch von vornherein an starke Wasserbewegung gewöhnt, so gedeiht sie nur dann normal weiter, wenn ihr diese stetig weiter geboten ist und empfindet es umgekehrt als eine Störung, wenn sie in ruhiges Wasser gebracht wird. Die Lebensweise der Algen ist, zumal an tieferen Stellen des Meeres, eine recht einförmige, indem an einem gegebenen Orte der See die Verhältnisse sich ziemlich gleich bleiben und keinem so schroffen Wechsel ausgesetzt sind, wie er auf dem Festlande im Laufe eines Jahres einzutreten pflegt. Alle jene Stellen der Meeresufer aber, welche ausnahmsweise stärkerem Wechsel, sei es im Salzgehalt, in der Belichtung, der Bewegung, der Wärme und Reinheit des Wassers ausgesetzt sind, findet man entweder ganz frei von kräftiger Algenvegetation oder doch nur von wenigen Formen bewohnt, welche diese Verhältnisse zur Noth ertragen können oder darauf eingerichtet sind. Die grosse Empfindlichkeit der übrigen Meeresalgen, besonders derjenigen aus stillen Tiefen, zeigt sich immer sehr deutlich nach starken Stürmen, welche das Wasser ausnahmsweise bis dorthin aufregen. Was nach solchen Eingriffen in die Monotonie der Tiefe von Algen herausgefördert wird, das zeigt alles mehr oder weniger deutlich die erlittene Unbill, wenn auch nicht immer so frappirend wie Caulerpa prolifera, die nach anhaltendem Scirocco ihren erbärmlichen Zustand dadurch verräth, dass der dunkelgrüne zusammenhängende Chlorophyllkörperbeleg der Aussenwand stellenweise ganz verschwindet, dass Rhizome und Blätter besonders am Rande milchweiss und die grün gebliebenen Stellen dunkel missfarbig werden. Da die Pflanze nur auf starke Eingriffe, wie Verwundungen, örtlich so zu reagiren pflegt, so geht daraus hervor, wie sehr sie durch die ungewohnte Bewegung gelitten hat, die doch in der Tiefe, in welcher die Pflanze dicht bei Neapel wächst, sich kaum noch sehr stark wird fühlbar machen. Ganz so wie bei einem in sehr einförmigen Verhältnissen lebenden Menschen die Reizbarkeit auf feinste Nüancirungen in dieser Monotonie sich abstimmt und wie unerwartet eintretende kleine Ereignisse, welche andere im Wechsel des Lebens stehende Naturen kaum berühren, auf jene schon erschütternd einwirken, so haben wir auch in den Meeresalgen Geschöpfe vor uns, die seit unzähligen Generationen an die Monotonie ihrer Heimath gewöhnt, ihre Reizbarkeit auf dieselbe eingerichtet und dementsprechend empfindlich abgestimmt haben. Je mehr man diese Auffassung bei der Anordnung der Culturversuche maassgebend sein lässt, um so bessere Ergebnisse wird man mit diesen Pfleglingen erzielen.

Wenn aber auch ein ausgebildeter Algenspross sich für gewöhnlich nur sehr schlecht in veränderte Verhältnisse schicken kann, falls die Aenderung nicht sehr langsam und allmählich erfolgt, so ist andererseits den Neubildungen, Adventivsprossen und Keimpflanzen die Fähigkeit oft in überraschendem Maasse gegeben, sich einer neuen Sachlage anzubequemen. Unter denselben äusseren Bedingungen, unter denen die Mutterpflanze bis zum schliesslichen Absterben ihres grössten Theiles leidet, kommen Neubildungen aus Sporen oder Adventivsprosse manchmal zu bester Entwickelung, wenn nur darauf geachtet wird, dass für sie nun diejenigen Verhältnisse stetig bleiben, unter denen sie ihr Wachsthum begonnen haben. Geht eine aus dem Meere in das Aquarium versetzte Alge auch zunächst grösstentheils, scheinbar ganz, zu Grunde, so gebe man desshalb ihre Cultur noch nicht gleich verloren; man entferne die abgestorbenen Sprosse, lasse aber die Haftorgane mit einem kleinen Sprossstumpf noch eine Zeit lang versuchsweise ungestört im Behälter und man hat oft nach Wochen noch den Erfolg zu verzeichnen, dass sich aus einer oder der anderen lebendig gebliebenen Zelle ein neuer Spross entwickelt, der nun von vornherein den in der Cultur gegebenen Verhältnissen angepasst[1]) ist und deshalb gut darin gedeiht. Freilich weichen solche Pflanzen eben dadurch in Habitus, Färbung und physiologischem Verhalten oft mehr oder weniger von der normalen Pflanze ab und sind ihrerseits nicht befähigt, unter den Bedingungen zu leben, unter denen die Stammform sich regelrecht entwickelte. Wer Pflanzen aufmerksam cultivirt, weiss, dass die Algen in dieser Hinsicht durchaus keine besondere Ausnahme bilden, sondern dass dieses Verhalten in höherem oder geringerem Grade alle Pflanzen bis zu den höchst entwickelten Landpflanzen zeigen. So sind, um nur ganz grobe Erscheinungen zu erwähnen, die in einem Treibhaus gebildeten Sprosse und Blätter im Freien minder oder gar nicht lebensfähig und Blätter, die in dauerndem Schatten zur Entfaltung kamen, ertragen schlecht eine spätere volle Besonnung und umgekehrt. Bei den zarten empfindlichen Algen zeigen sich diese Erscheinungen aber schon bei viel geringeren Unterschieden in der äusseren Umgebung als bei anderen „härteren“ Pflanzen. Nur die Pilze besitzen eine ähnlich grosse Empfindlichkeit gegen raschere Veränderungen in ihrer Umgebung und dabei eine noch entschieden bedeutendere Anpassungsfähigkeit

1) Es ist natürlich hier von einer ganz anderen Anpassung die Rede, als der im darwinistischen Sinne.

in den Anfangszuständen ihrer Entwickelung. Die Sporen vieler, zumal der deshalb gemeinsten Pilze, keimen in den verschiedenartigsten Substraten; die daraus entstandenen Myzelien sind jedoch meist schon gegen kleine Veränderungen des einmal ergriffenen Nährbodens, sofern sie unvermittelt auftreten, äusserst empfindlich. Schon ein kleiner Zusatz reinen Wassers oder eines neuen guten Nährstoffes kann unter Umständen tödtlich, also geradezu als Desinfectionsmittel wirken. — Ein wenig Salicylsäure zu einer Schimmelpilzcultur auf Pflaumensaft zugesetzt, bringt den Pilz alsbald zum Absterben und doch sah ich andererseits in einer starken Lösung von Salicylsäure, die ich zu Desinfectionen bereit hielt, dicke Myzelflocken von Schimmelpilzen sich entwickeln. Ein Zusatz von Pflaumensaft zu einer solchen Salicylsäurecultur brachte die Pilze darin aber ebenso sicher zum Absterben, wie es der Zusatz von Salicylsäure zur Pflaumensaftcultur gethan hatte. Ob eine Substanz Desinfectionsmittel ist und welche Substanz als Desinfectionsmittel gerade wirksam ist, das hängt demnach sehr von den Umständen ab. Im Kampf gegen Pilzentwickelung kommt es daher — umgekehrt wie bei der Cultur von Pilzen und Algen — auch vor Allem darauf an, dem Pilz keine Ruhe zu gönnen, möglichst unvermittelte Veränderungen in seiner Umgebung, mit der er als Schmarotzer ja in sehr engem Verkehr steht, eintreten zu lassen, so dass das Myzel mit seinen inneren Anpassungsvorgängen dem äusseren Wechsel nicht zu folgen vermag. Die Immunität lebenskräftiger Zellen gegen Pilzinfection beruht — neben der Ausbildung spezifisch antiseptischer d. h. unter allen Umständen giftiger Stoffe (?) — wohl hauptsächlich auch auf solchem Wechsel. Das Leben besteht ja in einer fortwährenden Wechselwirkung zwischen Empfang von Reizen und Reactionen gegen diese Reize. In einer lebenskräftigen Zelle sind Reizempfänglichkeit und Reactionsfähigkeit hoch entwickelt und kommen rasch und kräftig zur Ausübung, so dass eine lebenskräftige Zelle nie längere Zeit in ihren Eigenschaften sich gleich bleibt, sondern auch in ihren Stoffumsetzungen einen beständigen raschen Wechsel aufweist. Kein Wunder also, wenn allein schon dadurch eine solche Zelle Pilzen keinen zusagenden Nährboden bietet, während alte oder sonst in ihrer Reactionsfähigkeit erlahmte Zellen durch die Trägheit ihrer inneren Veränderungen und die Stetigkeit ihres Zustandes einem maassgebenden Bedürfniss der Pilze entgegen kommen.

Tritt die Veränderung nur allmählich, durch viele Zwischenstufen vermittelt, ein, so wird sie sowohl von Pilzen als auch von Algen meist ohne Schaden ertragen. Die Pflanze ist dann eben im Stande

mit Hilfe innerer Anpassungsvorgänge den veränderten äusseren Einwirkungen entsprechend gegenüber zu treten. So sehr man sich also hüten muss schroffere Uebergänge bei der Algencultur eintreten zu lassen, so wenig braucht man im Allgemeinen Veränderungen zu fürchten, die bei längerer Zucht ganz allmählich auftreten, wie z. B. geringe Aenderungen in der Zusammensetzung oder dem Concentrationsgrade des Seewassers. Durch die Verdunstung, die man wegen der Luftzufuhr nicht wird vermeiden können, wird der relative Salzgehalt natürlich gesteigert und es wird nöthig, von Zeit zu Zeit etwas Süsswasser nachzufüllen. Es geschieht dies am zweckmässigsten recht oft, damit nur immer wenig davon zugesetzt zu werden braucht; aber auch dann, wenn nach längerer Pause viel Wasser durch Verdunsten verloren gegangen ist — was man an einer Marke des Behälters feststellt —, ist es durchaus rathsam, den Verlust nicht gleich voll zu ersetzen, sondern nach und nach im Verlauf einiger Tage.

Es bliebe nun noch ein Punkt zu erwähnen, welcher bei den Besitzern von Seewasseraquarien getheilten Meinungen begegnet, das ist die Durchlüftung der Behälter. Im Allgemeinen wird für eine künstliche Durchleitung von Luft durch das Wasser eifrig Sorge getragen; von anderer Seite wird jedoch darauf hingewiesen, dass diese Durchlüftung überflüssig sei, ja Oltmanns erklärt sie geradezu für nachtheilig. Diesen Meinungsverschiedenheiten liegen in jedem Falle Beobachtungen von Thatsachen zu Grunde, so dass alle in gewissem Grade berechtigt sind. Aus eigener Erfahrung kann ich bestätigen, dass die Durchlüftung meist sehr nützlich, unter Umständen überflüssig und unter Umständen geradezu nachtheilig für die pflanzlichen Bewohner des Aquariums ist; es kommt eben auf die jeweiligen Umstände an.

Hat man es sozusagen mit Reinculturen zu thun, d. h. zieht man einzelne Algen in Behältern mit sehr reinem Seewasser, dann ist die Durchlüftung häufig zu entbehren, vorausgesetzt dass das Wasser kühl und dadurch luftreich erhalten wird und dass durch eine ausreichend grosse Oberfläche der Gasaustausch mit reiner atmosphärischer Luft genügend gewährleistet ist. Kommt es aber darauf an, Algen in einem Behälter gesund und sauber zu erhalten, welcher zumal von verschiedenen Algenformen dichter bevölkert ist, dann ist die Durchlüftung des Wassers sehr angebracht und oft durchaus nöthig. Der Gasaustausch des vollkommen ruhig stehenden Wassers durch Diffusion an der Oberfläche kann dann hinter dem Gasverbrauch der Insassen unter Umständen zurückbleiben. Die Durchlüftung schafft da auf zweifachem

Wege willkommene Abhilfe, einmal durch den Diffusionsvorgang, der sich zwischen Wasser und Luftblasen abspielt, und ausserdem hauptsächlich dadurch, dass die Bewegung, welche der Luftstrom in dem Wasser hervorruft, immer neue Wassermengen zum Gasaustausch an die Oberfläche bringt. In welch energischer Weise die Durchlüftung in den Gaswechsel des Wassers eingreift, erkennt man gelegentlich, wenn durch Fäulniss einer Muschel oder eines anderen Lebewesens, dessen Absterben nicht gleich bemerkt wurde, das Wasser eines Aquariums übelriechend geworden ist. Ohne Durchlüftung braucht es Tage, bis der Geruch schwindet; eine tüchtige Durchlüftung beseitigt denselben aber überraschend schnell, schon in wenigen Stunden. In Aquarien mit gemischtem Inhalt gewährt die Durchlüftung noch einen weiteren nicht zu unterschätzenden Vortheil, indem sie die Entwickelung lästiger kleiner Organismen, wie der Oscillarien, Spirulinen, zurückhalten hilft, sei es dadurch, dass dieselben durch die Strömung nicht festen Fuss fassen können, sei es durch Entführung von Gasen und Oxydation von Substanzen, welche diese Formen in ihrem Gedeihen fördern. — Ausdrücklich warnen möchte ich aber bei dieser Gelegenheit vor Ulven, Enteromorphen und ähnlichen Algen, die sich in Aquarien gut halten, aber durch Aussendung unzähliger Schwärmsporen den Behälter mit Keimpflänzchen übersäen, welche nicht nur an den Wänden, auf dem Boden und auf Muscheln und Steinen, sondern auch auf anderen Algen sich ansiedeln und sich dann auf Kosten dieser kräftig entwickeln.

Erweist sich die Durchlüftung in ihren ebengenannten Wirkungen wie auch durch die mit ihr verbundene, die Ernährung fördernde Strömung den Algen sehr zuträglich und nützlich, so kann sie anderseits aber auch Schaden anrichten. Die Nachtheile derselben liegen zwar nicht auf einem Gebiete, wo sie Oltmanns suchen zu müssen glaubt, denn wenn auch im Oltmanns'schen Experiment[1]) ein kohlensäurefreier Luftstrom dem Seewasser natürlich Kohlensäure durch Diffusion entzieht, so ist dies doch keineswegs der Fall bei der Anwendung der natürlichen, d. h. kohlensäurehaltigen Luft, wie sie bei der Durchlüftung doch nur in Betracht kommt. Im Gegentheil, es wird bei Kohlensäureverbrauch (während der Assimilationsthätigkeit) der Mindergehalt des Wassers bei Durchlüftung rascher ersetzt werden, als ohne dieselbe, so dass in dieser Hinsicht die Lüftung gerade von Nutzen ist. Die Nachtheile, welche ich bei Durchlüftung hie und da

1) Vergl. S. 20 des Sonderabdruckes.

auftreten sah, waren immer durch achtsame Regelung derselben leicht zu vermeiden. Es kommt vor Allem darauf an, den Luftstrom nicht zu stark durchgehen zu lassen. Die in diesem Falle verursachte ruckweise strudelnde Bewegung, in welcher die Lage der Algen gegen das einfallende Licht beständig wechselt und bei der die Pflanze ständigen Erschütterungen ausgesetzt ist, wird von sehr vielen Algen schlecht vertragen. Ganz besonders leiden darunter die jungen Sprossgipfel[1]) zarterer Algen, die fluctuirend oft in den Strudel hineingerissen und von den Luftblasen wie von elastischen Körpern getroffen und gestossen werden. Missbildungen oder Absterben der Gipfeltheile sind zuweilen das Ergebniss dieser Erschütterungen und Zerrungen, unter welchen, wie gesagt, auch die älteren Theile durch den beständigen Wechsel der Lichtlage leiden können. Die Mündung des Luftrohrs bringe man möglichst weit entfernt von den Culturpflanzen an und begnüge sich mit etwa 15 erbsengrossen oder kleineren Blasen in je 10 Secunden. Diese genügen für die Durchlüftung im Allgemeinen vollkommen und die erwähnten Nachtheile sind dabei ausgeschlossen. Achtet man darauf, dass die Blasen regelmässig in gleichen Abständen austreten und nicht nach längeren Pausen ungestüm hervorbrodeln, dann behalten die Thallome in den gleichmässigen Strömungen eine bestimmte Ruhelage bei und werden doch beständig von frischen Wassertheilen umspült. — Es ist wohl selbstverständlich, dass zu der Durchlüftung nur beste frische Luft verwandt werden darf. Weiter oben wurde ja darauf hingewiesen, in wie gründlicher Weise die Durchlüftung den Gasausgleich zwischen Wasser und Luft befördert; ganz ebenso rasch wie eine Reinigung des Wassers wird aber auch natürlich eine Verunreinigung bewirkt, wenn schlechte Luft durchgeleitet wird. Ueberhaupt muss auch bei unterbleibender Durchlüftung der Raum, in welchem ein Algenbehälter steht, immer frische gute Luft führen. Es ist auffallend, wie ungemein rasch das Wasser dampfförmige Stoffe aus der Luft in sich aufnimmt und demgemäss muss auch vor Allem daran gedacht werden, dass den Algen des von frischer Seeluft gepeitschten Meeres keine Gelegenheit gegeben war, sich an den Qualm von Kohlen oder Cigarren anzupassen. Tabakdampf zumal ist wie für die zarteren Thiere,[2]) so auch für die Algen ein starkes Gift.

---

1) Vgl. Oltmanns ebenda.

2) Kleine munter pumpende Quallen sah ich alsbald starr untersinken als nur ein bis zwei Mal Tabaksdampf über die Oberfläche ihres flachen Wasserbehälters geblasen wurde.

Dass man bei physiologischen Versuchen gezwungen sein kann von der Durchlüftung abzusehen und anderweit für genügenden Gasaustausch zu sorgen, leuchtet ein, denn durch die Strömung des Wassers können störende Zwangslagen geschaffen, Schwärmsporen in ihren Richtungen abgelenkt werden u. a. m. Damit sind aber auch die Nachtheile, welche ich infolge von Durchlüftung habe eintreten sehen, erschöpft. Wie man leicht übersehen wird, sind dieselben meist unschwer zu vermeiden und so wird man die mannigfachen Vortheile, welche die Durchlüftung bietet, sich um so wirksamer dienstbar machen können.

Eine Maassregel, die der Algenzüchter von jedem Ackerbauer und Gärtner lernen kann, will ich schliesslich doch nicht unerwähnt lassen, obwohl sie sich eigentlich ganz von selbst aufdrängt. Will der Gärtner in einem Topf eine tadellos entwickelte kräftige Pflanze aufziehen, so lässt er daneben keine andere aufkommen, sondern entfernt als Unkraut alle Nebenbuhler aus dem Behälter. Auch wer kräftige schöne Algen erziehen will, betrachte und behandle alles das als Unkraut, was neben der Pflanze, deren Zucht man gerade im Auge hat, aufkommen will.

Es sind natürlich nur ganz allgemeine Vorkehrungen zur Cultur der Algen, welche hier berührt werden konnten. Die Thatsache, dass im freien Meere nicht jede Alge an jedem beliebigen Orte fortkommt, beweist, dass die einzelnen Arten besondere Eigenthümlichkeiten in den äusseren Lebensbedingungen für sich beanspruchen oder doch bevorzugen. Nach den Angaben von Berthold, welche auf jahrelanger Beobachtung beruhen und die ich für Neapel nur bestätigen kann, findet man gewisse Arten, Corallina mediterranea u. a., immer hauptsächlich im Wellenschlag der Brandung, andere, wie z. B. Caulerpa, nur in verhältnissmässig ruhigem Wasser. Orte mit schwacher Beleuchtung, sei es in Felsschluchten nahe der Oberfläche, im Schatten der Tiefe oder in dem Schatten mechanisch verunreinigten flachen Wassers, werden von den Lithothamnien, Lithophyllen und der Gesellschaft der schön rothen Florideen aufgesucht. Cladophoren, Bryopsis und Codium treten dann an Plätzen in den Vordergrund, wo die Beleuchtung schon stärker ist. Im vollen directen Sonnenlicht erlangen dann die braunen Algen ihre maximale Entwickelung. Gewisse Algen kommen nur in ganz reinem klarem Wasser gut zur Entwickelung; andere, wie Ulva Lactuca, Asperococcus compressus, Lomentaria califormis zeigen ausgesprochene Vorliebe für Stellen, wo das Wasser mit organischen Stoffen verunreinigt ist. Dicht unter dem Ebbespiegel

zeigt die Algenflora im Allgemeinen eine andere Zusammensetzung als zwischen Ebbe- und Fluthgrenze und die nur von der Brandung benetzte Zone über dem Fluthniveau besitzt sogar noch wenige, ihr eigenthümliche Formen, für welche Bangia fusco-purpurea im Mittelmeer die vorzüglichste, weil häufigste Vertreterin ist.

Wie die Landpflanzen verschieden gearteter Standorte in der Cultur ihre besondere von vielen anderen abweichende Pflege erfordern, um sich üppig und charakteristisch entwickeln zu können, so sind auch für die verschiedenen Meeresalgen die allgemeinen Pflegevorkehrungen passend abzuändern und den besonderen Bedürfnissen nach Licht, Luft, Wasserbewegung u. s. f. entsprechend einzurichten. Die an den natürlichen Standorten vorherrschenden Verhältnisse werden dabei oft als Anhaltspunkte dienen können, doch darf man nicht vergessen, dass die Vertheilung der Algen im Meere keineswegs von ihrer Vorliebe für bestimmte Oertlichkeiten allein abhängig ist. Dieser Schluss wäre nur dann berechtigt, wenn die Wahl des Standortes eine vollkommen uneingeschränkte wäre. Die thatsächliche Vertheilung ist aber das Ergebniss eines von unzähligen pflanzlichen Wesen geführten Verdrängungskampfes und es kommt also keineswegs nur die Vorliebe derselben für gewisse äussere Lebensbedingungen dabei zum Ausdruck, sondern auch das Maass der Ueberlegenheit einer Form über die andere. So kann es kommen, dass eine bewegtes Wasser vorziehende Alge meist nur in stillem Wasser gefunden wird, einfach desshalb, weil sie in dem bewegten allzeit von kräftigeren Nebenbuhlern verdrängt wird, welche ihr aber nicht in gleichem Maasse im stillen Wasser überlegen sind. Derartige Verhältnisse sind es wohl, welche zum Verständniss einer sonst merkwürdigen Erscheinung beizutragen geeignet sind, der nämlich, dass man Algen zuweilen besser gedeihen sieht, wenn die Lebensbedingungen bei der Cultur von den am natürlichen Standort gegebenen mehr oder weniger stark abweichen. Von mehrfachen derartigen Beobachtungen, die ich zu machen Gelegenheit hatte, möchte ich nur eine, die auffallendste, hier kurz erwähnen; sie betraf die genannte Bangia fusco-purpurea. Diese, nur durch ihr massenhaftes Auftreten auffallende rothbraune, blaugrüne oder dunkel missfarbige Fadenalge bedeckt in den Wintermonaten in dichtem Ueberzug nur die über das Fluthniveau hinausragenden felsigen Ufer des Mittelmeeres. Unter dem Meeresspiegel untergetaucht habe ich sie auch in ihrer besten Vegetationszeit nie, auch nicht vereinzelt, aufgefunden. Auch Berthold[1]) hebt es aus-

1) l. c. p. 408.

drücklich hervor, dass sie „untergetaucht überhaupt nicht vorkomme“. Zur Anzucht dieser Alge hatte ich mir desshalb einen kleinen einfachen Apparat[1]) hergestellt, welcher die rhytmische Bespülung durch den Wellenschaum nachahmte. Die Alge gedieh darauf ziemlich gut und vermehrte sich auch langsam. Nach Deutschland zurückgekehrt bemerkte ich dann aber zu meinem Erstaunen, dass sie sich in dem mässig durchlüfteten Wasser eines Seewasser-Zimmeraquariums auch auf dem Boden und an den Wänden dauernd untergetaucht in üppigster Weise entwickelte und ausgiebig vermehrte, weit besser als bei der Vorkehrung, welche den wesentlichen Charakter des einzigen natürlichen Standortes widergab. Daraus geht deutlich hervor, dass die eigenartigen Verhältnisse des natürlichen Fundortes bei der Cultur der Pflanze im Aquarium weder immer nothwendig geboten werden müssen, noch dass sie auch für die Cultur immer die besten sind.

Für die verschiedenen Algen wird man sich also die für die Cultur günstigsten Bedingungen in jedem einzelnen Falle am besten selbst auszusuchen haben; es ist das aber nicht mehr schwer und geschieht meist, ohne dass man vorher zu Schaden kommt, wenn man die vorerwähnten allgemeinen Anforderungen der Pflege zunächst einmal erfüllt hat.

Inwieweit diese letzteren auch für die Cultur von Süsswasseralgen nützlich werden können, ergibt sich aus dem Gesagten von selbst; besonders bemerken möchte ich hier nur, dass sich bei meinen Culturen von Süsswasseralgen immer ein sehr bedeutender Unterschied zu Gunsten derjenigen Pflanzen geltend machte, welchen von Zeit zu Zeit etwas Nährlösung gegeben worden war. —

Das Studium der Botanik ist bei dem derzeitigen Stande unserer Wissenschaft und ihren heutigen Zielen unlösbar gebunden an eine wohlausgebildete überlegte Methodik. Den Fortschritten im Bau der Mikroskope und in der Mikroskopirkunst folgten alsbald neue wissenswerthe Entdeckungen, die geradezu auf unsere botanischen Grundanschauungen bestimmend wirkten. Die überraschenden Ergebnisse, welche die Einführung verbesserter Präparationsmethoden und der von den Zoologen und Anatomen damals schon hoch ausgebildeten Färbetechnik für die Botanik im Gefolge hatte, sind noch frisch in der Erinnerung. Nach jahrelanger unverdienter Vernachlässigung in ihrer Bedeutung endlich erkannt, erfuhren diese Methoden dann eine ungeahnte Förderung. Gegenüber dem sehr grossen Gewicht,

---

1) Beschrieben in den Arbeiten des botan. Inst. Würzburg Bd. 3 S. 494 (Heft 4).

welches man auf die Behandlung des todten Materials nun auf einmal legte, tritt die Behandlung des lebendigen zur Zeit nur allzusehr in den Hintergrund. Der Erfolg von Untersuchungen hängt aber oft eben so sehr, ja häufig ganz und gar vom Gelingen tadelloser oder doch brauchbarer Culturen ab und das Culturverfahren verdient daher als Hilfswissenschaft oder Hilfskunst eine mindestens gleiche Beachtung und Ausbildung, wie sie die Secir- und Färbetechnik bisher so einseitig genossen haben. An geistigem, an Bildungswerth für den Naturforscher überragt es alle jene mehr oder minder mechanischen Fertigkeiten aber bei weitem. Unmittelbar an das Leben und sein anziehend-geheimnissvolles Walten gewiesen, stellt es dem Forscher ständig das in seiner autonomen Entfaltung und seiner Beziehung zur Aussenwelt vor Augen, worum sich sein ganzes Forschen in letzter Linie doch dreht.

Litteratur.

Zur Litteratur der Lichenen.

I. **Nylander,** Sertum Lichenaeae tropicae e Labuan et Singapore, Paris 1891.

Schon in seinen Lich. Jap. hatte Nylander anhangsweise unter Obs. III einen Theil der vom Botaniker der Vega, Dr. E. Almquist, auf der im NW. von Borneo gelegenen Insel Labuan gesammelten Lichenen publicirt; jene Arbeit enthielt 44 Nummern. Ein Jahr später erschien die hier zu besprechende Brochure, die vollständige Labuaner-Sammlung Almquist's behandelnd, mit 77 Lichenenarten (darunter 22 neu) aus Labuan und 48 (darunter 13 neu) aus Singapore. Von ersteren sind nur 6, von letzteren nur 3 auch aus Europa bekannte Species. Die Insel Labuan bildete vor ihrer lichenologischen Durchforschung seitens E. Almquist nahezu ein terra incognita in Bezug auf Flechten; Singapore war dagegen schon durch Beccari (Kremplh. Becc. 1875) und Maingay (Nyl.-Cromb. East. Asia 1882) in dieser Richtung etwas bekannter. Es ist selbstverständlich, dass Nyl. nicht nur die Neuheiten in prägnanter Fassung beschrieb, sondern auch den übrigen Arten werthvolle Bemerkungen beilegte und überdies sowohl systematisch, als räumlich ihnen nahestehende Species unter Zugabe von dieselben berührenden Anmerkungen beleuchtete. Ausserdem enthält die Schrift als Zugaben 1. anatomische gegen die Lehre von der Symbiose gerichtete Ausführungen, 2. einen Nachtrag zur Flechtenflora von Japan, 3. Diagnosen neuer Flechtenarten aus Nordamerika und 4. eine Reihe neuer Lichenen aus Europa.

II. **Nylander,** Lichenes Pyrenaeorum orientalium observatis novis . . ., Paris 1891.

Das Heft erschien selbständig an der Neige des Jahres 1891 und bildet gleichsam eine dritte, stark vermehrte Auflage der in Flora 1872 S. 425—431, S. 545—554 und 1873 S. 65—75 und S. 193—207 enthaltenen Aufsätze: Observata lichenologica in Pyrenaeis orientalibus, welche nur wenig verändert 1873 im Bull. Soc. Linn. Normand. série 2, t. VIII und von hier auch als Sonderabdruck veröffentlicht worden sind. Die wesentliche Bereicherung dieser neuen (dritten) Auflage gründet sich theils auf spätere Forschungen, welche Nyl. im Jahre 1884 an den 11 Jahre zuvor besuchten Localitäten vorgenommen, theils und vor Allem aber auf gründliche Untersuchungen der Umgebung des ostpyrenäischen Schwefelbades Amélie, wo er im Jahre 1884 nahezu 200 Lichenen, worunter etwa 20 neue und meist im Jahrgang 1885 der Flora publicirte Flechten sammelte. Im ganzen Lichenenwerke nehmen die auf organischer Unterlage vorkommenden Flechten einen sehr kargen Raum ein, da einmal in jenen Gegenden der Baumwuchs spärlich ist und auch an den vorhandenen Holzgewächsen Flechten selten getroffen werden. Im Ganzen kommen 400 Arten in Betracht; zu einem grossen Theile derselben hat Nyl. in diesem Hefte neue interessante Bemerkungen beigefügt und Altes und Neues über die Lichenen der Pyrenäen zu einem dem heutigen Lichenologen unentbehrlichen litterarischen Hilfs-

mittel in trefflicher Weise verschmolzen. S. 93 ist Pycnothelia papillaria an die Spitze der Cladoniei gestellt worden. Nach brieflicher Bemerkung des Autors hätte sie, als zur Tribus der Cladiei gehörig, auf S. 94 zwischen Cladoniei und Siphulei aufgeführt werden sollen.

III. Frère **Gasilien,** Lichens rares ou nouveaux de la Flore d'Auvergne (Sonderabdruck aus Journ. bot., Nummern vom 16. Nov. und 1. Dec. 1891).

Eine sehr willkommene Ergänzung zu Lamy's Catalogue des Lichens du Mont-Dore et de la Haute-Vienne, 83 Flechtenarten umfassend, darunter Collema multipartiens Nyl., Cladonia discifera Nyl., Lecanora angulosa*nequiens Nyl., Lecidea devertens Nyl., L. collatula Nyl. und Verrucaria arvena Nyl. neu; ausserdem bei mehr als einem Dutzend schon zuvor bekannt gewesener Arten neue diagnostische Bemerkungen.

IV. **A. Osw. Kihlmann,** Neue Beiträge zur Flechtenflora der Halbinsel Kola, Helsingfors (Meddel. af Soc. Flor. Faun. Fenn.) 1891.

Der Verfasser dieser kleinen Brochure ist den Lesern der „Flora" aus der Besprechung, welche dessen „Pflanzenbiologische Studien aus Russisch-Lappland" kürzlich dort erfahren haben, bekannt; auch in den Studien sind einige wichtige lichenologische Bemerkungen enthalten. Die „neuen Beiträge" bilden eine Aufzählung sämmtlicher von K. auf seinen beiden Reisen in Kola gesammelten Flechten. Vorläufer Kihlmann's in der lichenologischen Erforschung von Russisch-Lappland war N. J. Fellman, welcher im Jahre 1863 daselbst — allerdings auf einem etwas ausgedehnteren Gebiete — ca. 300 Flechten gesammelt und hievon 224 in einer käuflichen Collection veröffentlicht hatte. (Vergl. Nylander Prodromi Lichenographiae Scandinaviae Supplementum: Lichenes Lapponiae orientalis, Helsingfors 1866.)

Kihlmann zählt in seinen neuen Beiträgen 184 von ihm gesammelte Arten, 12 Unter- und Spielarten und ebensoviele Formen auf, wovon 66 Arten, 6 Var. und 10 Formen in dem betr. Gebiete früher nicht gesammelt worden waren. Neu sind in Kihlmann's Sammlung 3 Arten, 1 Var. und 6 Formen; hieher u. a. Alectoria vexillifera Nyl. „Thallus inferius membranaceo-dilatatus lat. 2 cm et amplius", durch Zwischenformen mit A. ochroleuca verbunden; aber die beiden Arten wurden in ihrer typischen Gestalt nicht zusammen im Gebiete aufgefunden. Dieser Novität ist eine gute phototypische Tafel in Kihlmann's Publication gewidmet. Ferner gehört zu den Neuheiten das steril getroffene Platysma nigricascens Nyl., der Cetr. nigricans ähnlich, aber mit wehrlosen Thalluslappen und Verrucaria haesitans Nyl., ein Parasit der V. sphinctrinoides, vielleicht identisch mit V. sordida Fr. fil. — Anhangsweise sei bemerkt, dass bei Parmelia alpicola als synonyme und ältere Bezeichnung P. atrofusca Schaer. En. p. 42 angegeben und Lecanora umbrina terricola Nyl. Lapp. or. p. 183 hier berichtigend für L. Hageni (Ach.) Nyl., ebenso L. minuta Nyl. Lapp. or. p. 145 hier (wiederholt) für L. meiocarpa Nyl. erklärt wird. Die neu aufgestellte Form dealbata der Lecidea (oder vielleicht besser Lecanora) areolata Schaer. wird endlich mit L. eliminata Arn. exs. 538 identifizirt. Das S. 47 genannte Stereocaulon alpinum ist nach Briefen von Nylander nicht diese Art, sondern St. tortuosum Del. Hb. Mit letzterem ist synonym St. subintricans Nyl. in Flora 1875 S. 358 (auf Grund von Exemplaren mit unvollkommen entwickelten Sporen aufgestellt. Stizenberger.

Hesse, Die Hypogäen Deutschlands. Natur- und Entwickelungsgeschichte, sowie Anatomie und Morphologie der in Deutschland vorkommenden Trüffeln und der diesen verwandten Organismen nebst praktischen Anleitungen bezüglich deren Gewinnung und Verwendung. Band I, die Hymenogastreen mit 11 Tafeln, Halle, Verlag von Ludw. Hofstetter. 1891.

In dem vorjährigen Jahrgang dieser Zeitschrift (S.115) wurde das Erscheinen des ersten Heftes von Hesse's verdienstlichem Hypogäenwerke angezeigt; nachdem nunmehr der erste Band desselben abgeschlossen ist, mag hier noch einmal darauf hingewiesen werden. Behandelt es doch ein Gebiet der Mykologie, dem bisher verhältnissmässig wenig eingehendes Studium gewidmet wurde, und weist einen ungeahnten Reichthum interessanter Hypogäen als Bürger der deutschen Flora nach. Von den ausgezeichneten Habitusbildern darf behauptet werden, dass sie die Tulasne's übertreffen.

Wird also der Verfasser hiebei auf allgemeine Anerkenung seines Werkes rechnen können, so ist für einen anderen Theil desselben ebenso sicher das Gegentheil zu erwarten, für den, der die Entwickelungsgeschichte behandelt. Indess kann dies der Verdienstlichkeit des Ganzen um so weniger Eintrag thun, als der Verf. durch seine genauen Mittheilungen über das Vorkommen, den Standort, die Art des Einsammelns, sowie seine Diagnosen jeden in den Stand setzt, sich selbst Material zu weiteren Hypogäen-Studien zu verschaffen, welche hoffentlich den Entwickelungsgang dieser interessanten Pflanzenformen aufklären werden. K. G.

Hempel und Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes in botanischer und forstwissenschaftlicher Beziehung geschildert, Wien und Olmütz, Liefer. 4—6.[1])

Von diesem schönen Werke sind nunmehr 3 weitere Lieferungen erschienen, welche die früher den ersten gezollte Anerkennung durchaus rechtfertigen. Der Text ist bis zur Besprechung der Kiefern vorgeschritten, die Tafeln, deren vortreffliche Ausführung allgemeine Anerkennung gefunden hat, geben schon eine Anzahl Abbildungen von Laubhölzern.

Zu tadeln finden wir an den Lieferungen nur eines: dass dieselben schlecht geheftet sind. K. G.

Eingegangene Litteratur.

v. Beck, Mittheilungen aus der Flora von Niederösterreich. III. Aus d. Verhandlungen d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien.

Bennett, Freshwater Algae and Schizophyceae of South-west Surrey. Reprinted from the Journal of the Royal Microscopical Society, Nov. 1891.

Bericht über die Enthüllung der Büste von Prof. Dr. Aug. Wilh. Eichler. S.-A. aus „Engler, Bot. Jahrbücher". XIV, 4. Beiblatt Nr. 32.

Botanical Magazine. Vol. V, Nr. 58, 59, Vol. VI, Nr. 59 (published by the Tokyo botanical society).

Campbell, On the relationships of the Archegoniata. From the Botanical Gazette, December 1891.

Correns, Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Habilitationsschrift, Tübingen 1892.

1) Vgl. Flora 1890 S. 572.

Coulter, The future of systematic botany. From the Proceedings of the American Association for the advancement Science. Vol. XL, 1891.

Engler, Ueber die Hochgebirgsflora des tropischen Afrika. Aus d. Abhandlungen der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1891.

Errera, Jean-Servais Stas. Extrait de la Revue de Belgique, 15. février 1892.

Famintzin, Eine neue Bacterienform Nevskia ramosa. Arbeiten aus dem bot. Laboratorium der Kais. Akad. der Wissenschaften zu St. Petersburg. Nr. 2.

Forstlich-naturwissenschaftl. Zeitschrift, herausg. von Dr. von Tubeuf. 1. Jahrgang, 1. Heft.

Fritsch, Karl, Ueber einige Licania-Arten. S.-A. aus der „Oesterr. botan. Zeitschrift". Jahrgang 1892, Nr. 1.

Gibelli e F. Ferrero, Ricérche di anatomia e morfologia intorno alla sviluppo dell' ovolo e del seme della Trapa natans L. Estratto dal Giornale Malpighia, Anno V. Fasc. IV—V.

Gravis, Resumé d'une conférence sur l'anatomie des plantes. Extrait du Compte-rendu de la séance du 10. janvier 1891 de la Société royale de botanique de Belgique. Bulletin, tome XXX.

Hartig, Vertrocknen und Erfrieren der Kiefernzweige. S.-A. aus der „Forstlich-naturw. Zeitschrift" 1892. 2. Heft.

Hartog, Some problems of reproduction. Reprinted from the „Quarterly Journal of Microscopical Science" for December 1891.

Holtz, L., Die Characeen Neuvorpommerns mit der Insel Rügen und der Insel Usedom. S.-A. aus den Mittheilungen des naturw. Vereins für Neuvorpommern und Rügen. 23. Jahrg. 1891.

Hovelaque, Sur la forme du coussinet foliaire chez les Lepidodendron selaginoides.
— — Structure du coussinet foliaire et de la ligule chez les Lepidodendron selaginoides.
— — Structure de la trace foliaire des Lepidodendron selaginoides à l'intérieur du stipe.
— — Sur la structure du système libéro-ligneux primaire et sur la disposition des traces foliaires dans les rameaux de Lepidodendron selaginoides.

Janczewski, Zawilec Anemone L. S.-A. aus Rozprawy Wydz. mat. przyrod. Aka. Umiej. w Krakowie T. XXII.

Landwirthschaftliches Jahrbuch der Schweiz, V. Bd., 1891, enthält an botanischen Arbeiten: E. von Freudenreich, Bacteriol. Unters. über den Reifungsprocess des Emmenthalerkäses; Nencki, Ueber Stoffwechselprodukte zweier Enterentzündungen veranlassender Mikroben; Freudenreich, Quantitative Untersuchungen über die in Naturweinen und Kunstweinen enthaltenen Hefen und Bacterien; Stebler und Schröter, Beiträge zur Kenntniss der Matten und Weiden der Schweiz.

Meyer, Arthur, Wissenschaftliche Drogenkunde. II. Theil, Berlin 1892, R. Gerstner's Verlagsbuchhandlung.

Mittheilungen der Bayerischen Bot. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Nr. 1, 1892.

Müller-Argau, Critique de „l'Etude" du Docteur Wainio. Extrait du la Revue Mycologique du 1er janvier 1892.

Noll, Die Phytognomonica des Neapolitaners Joh. Bapt. Porta. S.-A. aus den Sitzungsberichten der Niederrhein. Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn.

Pappenheim, Karl, Eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung im Splinte der Nadelbäume. Inauguraldissertation, Berlin 1892.

Pfeffer, Studien zur Energetik der Pflanze. Des XVIII. Bandes der Abhandlungen der math.-physischen Classe der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften Nr. III. 1892.

— — R. Hegler's Untersuchungen über Einfluss von Zugkraft etc. Berichte der K. Sächs. Ges. der Wissenschaften math.-physische Classe. Sitzung am 7. December 1891.

Potonié, Die Zugehörigkeit der fossilen provisorischen Gattung Knorria. Naturw. Wochenschrift VII. Bd., Nr. 7.

Potter, Observations on the Protection of Buds in the Tropic. Extracted from the Linnean Society's Journal-Botany vol. XXVIII.

Rosenvinge, Om nogle Vaextforhold hos Slaegterne Cladophora og Chaetomorpha. Saertryk af Botanisk Tidsskrift. 18. Bind. 1. Haefte. Kjobenhovn 1892.

Schinz, Zur Kenntniss afrikanischer Gentianaceen. S.-A. aus Bd. XXXVII der Vierteljahrsschrift.

— — Beitrag zur Kenntniss afrikanischer Passifloraceae. S.-A. aus Engler's bot. Jahrbüchern. 15. Bd., 1. Heft, 1892.

Schober, Das Xanthorrhoeaharz. S.-A. aus den Verhandlungen des Naturw. Vereins in Karlsruhe. Bd. 11.

Scholtz, Die Nutationen der Blüthenstiele der Papaver-Arten und der Sprossenden von Ampelopsis quinquefolia Michx. Habilitationsschrift. Breslau 1892.

Schottländer, Zur Histologie der Sexualzellen bei Kryptogamen. S.-A. aus d. Ber. d. Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrgang 1892, Bd. X, Heft 1.

Schütt, Sulla formazione scheletrica intracellulare di un Dinoflagellato. Estratto dalla Neptunia mensile per gli studi di Scienza pura ed applicata sul mare e suoi organismi. Nr. 10, 31. Octobre 1891.

Stahl, Oedocladium protonema, eine neue Oedogoniaceen-Gattung. S.-A. aus Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaft. Botanik. Bd. XXIII, Heft 3.

v. Tavel, Das System der Pilze im Lichte der neuesten Forschungen. Vortrag, gehalten in der Sitzung der zürcher. Naturf. Gesellschaft, 23. Nov. 1891.

Urban, Der Königl. Botanische Garten und das Bot. Museum zu Berlin in den Jahren 1878—1891. S.-A. aus Engler's Bot. Jahrbüchern. 14. Bd., Heft 4, Beiblatt Nr. 32.

Vasey, Grasses of the Southwest. U. S. Deparment of Agriculture. Division of Botany. Bulletin Nr. 12.

— — Monograph of the grasses of the United States and British Amerika. Contributions from the U. S. National-Herbarium. Vol. III, Nr. 1, 1892.

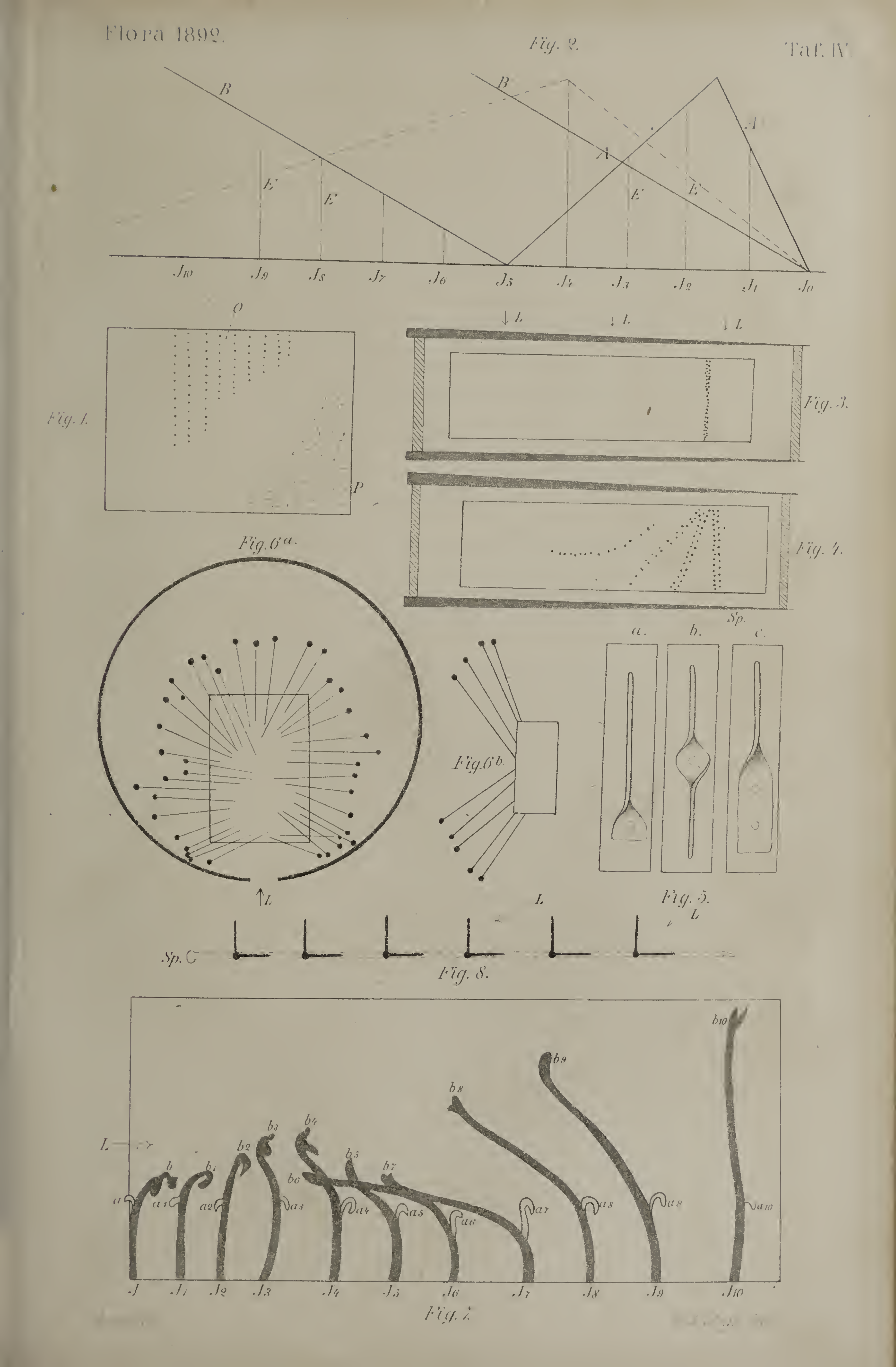
Vesque, De l'emploi des caractères anatomiques dans la classification des végétaux. Extrait du bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, t. XXIX et XXX.

Weber, C., Ueber die Zusammensetzung des natürlichen Graslandes in Westholstein, Dithmarschen und Eiderstedt. S.-A. aus „Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein". Band IX, Heft 2.

Wettstein, Untersuchungen über Pflanzen der Oesterr.-Ungar. Monarchie. S.-A. aus der „Oesterr. bot. Zeitschrift". Jahrgang 1891/92.

— — Nolanaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae. S.-A. aus Engler's Natürl. Pflanzenfam. IV, 3b.

Zahlbruckner, Ueber einige Lobeliaceen des Wiener Herbariums. (S.-A. aus Annalen des K. K. Naturhistorischen Hofmuseums. Bd. VI, Heft 3 und 4.) 1891.


Fig. 2.
B
B
A
A
E
E
E
E
J10
J9
J8
J7
J6
J5
J4
J3
J2
J1
J0
O
P
Fig. 1.
L
L
L
Fig. 3.
Fig. 4.
Sp.
Fig. 6 a.
Fig. 6 b.
L
a.
b.
c.
Fig. 5.
L
L
Sp. C
Fig. 8.
L
b
b1
b2
b3
b4
b5
b6
b7
b8
b9
b10
a
a1
a2
a3
a4
a5
a6
a7
a8
a9
a10
J
J1
J2
J3
J4
J5
J6
J7
J8
J9
J10
Fig. 7.



Taf. V. VI



109
126
129
130
131
125
127
128
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
116
120
121
118
175
174
145
147
146
148
149
150
151
152
98
99
119
153
124
117
156
159
158
170
171
172
173
154
155
160
157
100
122
161
162
163
169
165
164
166
167
168
123

Die Fruchtentwickelung der Gattungen Chylocladia, Champia und Lomentaria.

Von

P. Hauptfleisch.

Hiezu Tafel VII und VIII.

In den „Untersuchungen über die Befruchtung der Florideen“ [1]) ist von Schmitz für eine Reihe von Florideen die Art und Weise der Fruchtbildung festgestellt und auf einen gemeinsamen Typus zurückgeführt worden. Ein kurz zusammengedrängtes Resultat seiner weiteren Arbeiten über die Fruchtentwickelung der übrigen Florideen hat dann Schmitz neuerdings in seiner „Systematischen Uebersicht der bisher bekannten Gattungen der Florideen“[2]) veröffentlicht. Diese letztere Publikation enthält jedoch nur die Aufzählung der auf Grund der Aehnlichkeit der Fruchtentwickelung zusammengehörigen Gruppen der Florideen. Die erstere Arbeit aber gibt zwar für verschiedene spezielle Fälle eine Reihe von einzelnen Thatsachen genauer und erläutert dieselben durch Figuren, allein gleichwohl konnten hier die Fragen über die Vorgänge bei der Befruchtung doch nur in allgemeinen Zügen behandelt werden.

Auf Veranlassung des Herrn Professor Schmitz unternahm ich es daher, einzelne Species etwas ausführlicher zu untersuchen, um den Bau und die Entwickelung der Cystokarpien in ihren Einzelheiten festzustellen. Hierzu wurden aus der Familie der Rhodymeniaceen die Gattungen *Chylocladia, Champia* und *Lomentaria* ausgewählt.

---

1) Sitzungsberichte der kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1883) S. 215 ff.

2) Flora oder allgemeine botanische Zeitung 1889 Heft 5.

Bei diesen Untersuchungen stand die genauere Feststellung der Fruchtentwickelung in erster Linie. Im Anschlusse hieran wurden aber naturgemäss auch verschiedene Fragen über andere anatomische Einzelheiten berührt, und da in letzterer Zeit die Beobachtungen über das Spitzenwachsthum der Chylokladieen von verschiedenen Forschern in ganz verschiedener Weise gedeutet worden waren, so ergab es sich ganz von selbst, dass speciell auch diese Fragen einem genaueren Studium unterzogen wurden.

Diese Untersuchungen wurden im botanischen Institut der Universität Greifswald ausgeführt. Es wurde dabei theils getrocknetes, theils Spiritus-Material benutzt.[1]

In der nachfolgenden Darstellung sollen zunächst die Ergebnisse der Untersuchungen über den vegetativen Aufbau zusammengestellt werden. Im weiteren Fortgang werden dann die Beschreibung des Baues der Carpogonäste und die Schilderung der Entwickelung der Frucht folgen. — Ich beginne dabei mit *Chylocladia kaliformis*, die ich eingehender zu beschreiben beabsichtige, um dann die übrigen von mir untersuchten Species etwas weniger ausführlich zu behandeln.

I.

1. Chylocladia kaliformis *Grev.*[2]

Chylocladia kaliformis ist zuerst von Goodenough und Woodward als *Fucus kaliformis* beschrieben worden. — Lyngbye vereinigte dann in seiner Hydrophytologia danica (1819) *Fucus kaliformis* mit *Fucus clavellosus Turn.* zu einer Gattung *Gastridium*, der er die Gattung *Lomentaria* mit der typischen Species *L. articulata* an die Seite stellte. — Greville vereinigte darauf diese beiden Gattungen zu einer einzigen, der er anfangs den Namen *Gastridium* beliess. Da jedoch dieser Name schon an eine Graminee vergeben war, so vertauschte Greville denselben späterhin mit dem Namen *Chylocladia* [in W. J. Hooker, British Flora (London 1833)]. — Inzwischen hatte Gaillon — im Gegensatz zu Greville — die andere Gattung *Lomentaria* beibehalten und hatte zu dieser auch noch mehrere Arten der Gattung *Gastridium Lyngbye* hinzugezogen. Für die beiden Species *kaliformis* und *clavellosa* waren hierdurch die beiden Gattungsnamen

1) Der grösste Theil des Untersuchungsmaterials war von Herrn Prof. Schmitz bei Neapel, Cherbourg und anderen Orten gesammelt worden.

2) Kützing, Tabulae Phycologicae XV. Tab. 86. — Harvey, Phycologica Britannica Tab. 145.

Chylocladia Grev. und *Lomentaria Gaill.* in Gebrauch gekommen, doch schlossen sich die meisten Autoren der Namengebung Gaillons an. — Kützing[1]) acceptirte nach Gaillons Vorgang die Gattung *Lomentaria* für die gliederartig eingeschnürten Formen und stellt an ihre Spitze *Lomentaria kaliformis Gaill.* Er rechnet hierzu aber auch ebenso wie Gaillon die von Lyngbye als typische Form aufgestellte *articulata*. — Ebenso verfuhr anfangs auch J. Agardh[2]), indem er die gliederartig eingeschnürten Formen zur Gattung *Lomentaria* zählte, die durchgehends hohlen aber der Gattung *Chylocladia* zuwies, so dass neben der für *Lomentaria* typischen Species *articulata* auch *kaliformis* zu dieser Gattung kam, während *clavellosa* von letzterer Art getrennt an das Genus *Chylocladia* gebunden wurde. — Durch die Untersuchungen Thurets[3]) wurde aber dargethan, dass einerseits *kaliformis* und ihre Verwandten nicht bei *articulata* belassen werden dürfen und dass andrerseits *clavellosa* und ihre verwandten Formen zu *articulata* gestellt werden müssen. — Anstatt nun aber *kaliformis* und deren verwandte Species in das durch Thuret reformirte Greville'sche Genus *Chylocladia*, *clavellosa* aber zu *Lomentaria* zu stellen, verfuhr J. Agardh[4]) gerade umgekehrt: er trennte die typische Form *articulata* von der Gattung *Lomentaria* Lyngbye und beliess dagegen *kaliformis* und deren Verwandte bei diesem Genus, während doch *kaliformis* zur Gattung *Chylocladia* gehört und hier (nachdem *clavellosa* und die ihr verwandten Species durch Thuret zu *Lomentaria* verwiesen worden sind) die typische Species zu bilden hat. Indessen schliessen sich doch die meisten Autoren nach Agardh seiner erwähnten Bezeichnungsweise an. Nur Ardissone[5]) macht *kaliformis* zur typischen Form einer reformirten Gattung *Gastroclonium*, während doch *Gastroclonium* von Kützing[6]) für einige meist zu *Chrysymenia* gehörige Arten aufgestellt worden war.

Während nun die bisher genannten Autoren bei ihren Untersuchungen wesentlich nur die systematischen Fragen behandelt hatten, berücksichtigt Nägeli[7]) in den neueren Algensystemen auch die ana-

---

1) Vgl. Kützing, Species Algarum. Lipsiae 1849.
2) J. Agardh, Species genera et ordines Floridearum. Lundae 1852.
3) Thuret, Recherches sur la Fécondation des Fucacées, Paris 1855, p. 36 Anm.
4) J. Agardh, Epicrisis systematis Floridearum. Lipsiae 1876.
5) Ardissone, Phycologia Mediterranea. Varese 1883.
6) Kützing, l. c. p. 865.
7) Nägeli, Die neueren Algensysteme, Zürich 1847, S. 246.

tomischen Einzelheiten und schildert als Beispiel einer „Lomentariacee“ ziemlich eingehend den anatomischen Aufbau und auch den Bau der Frucht von *Chylocladia kaliformis.* Weitere Beiträge zur Anatomie dieser Pflanze, namentlich auch mit Bezug auf das Spitzenwachsthum, lieferten dann Berthold[1]) und Wille[2]). Ferner liegen aus neuester Zeit zwei Arbeiten über die Struktur der Chylocladieen von Debray[3]) vor.

Der Thallus von *Chylocladia kaliformis*[4]) (*Lomentaria kaliformis Gaill.,* Kützing, Spec. alg. p. 862; J. Agardh, Epicr. p. 633; *Gastroclonium kaliforme Ardiss.,* l. c. p. 318) setzt sich aus cylindrischen, gegliederten, hohlen, quirlförmig verästelten Sprossen zusammen. Die einzelnen Glieder sind durch dünne Diaphragmen von einander getrennt; an diesen Diaphragmen ist der Thallus mehr oder weniger eingeschnürt. Die einzelnen Glieder erlangen dadurch eine mehr oder weniger tonnenförmige Gestalt, sind zuweilen aber auch vollständig cylindrisch. Sie sind meistens vielmal länger als breit und zwar um so mehr, je weiter man den Spross von der Spitze nach unten zu verfolgt. Aber auch die oberen Glieder sind länger als breit und nur direct unter der Spitze wird die Länge des ersten (selten auch des zweiten) Gliedes von der Breite übertroffen. Die Zweigspitzen selbst sind kugelig.

In breiter Schicht umgibt die gallertartige Kollode[5]) den ganzen Spross ringsum und füllt auch die Hohlräume der Glieder und die Zwischenräume der Zellen vollständig an. Nach aussen zu ist diese Kollode durch ein derbes Grenzhäutchen gegen das umgebende Wasser vor dem Zerfliessen geschützt; im Innern der Glieder ist ein solches Grenzhäutchen nicht vorhanden. Die Kollode verquillt und zerfliesst in Wasser, besonders in Süsswasser sehr leicht und

1) Berthold, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik Bd. 13 (1883) S. 686.

2) Wille, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der physiologischen Gewebesysteme bei einigen Florideen (Nova acta d. Ksl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher Bd. 52 Nr. 2).

3) Debray, Recherches sur la structure et le développement du thalle des Chylocladia, Champia et Lomentaria (Extrait du Bulletin scientifique du département du Nord. 2e serie, 9e année No. 7—8). — Sur la structure et le développement des Chylocladia Champia et Lomentaria. Paris 1890.

4) Das zu diesen Untersuchungen benutzte Material war in Spiritus conservirt und in Cherbourg gesammelt worden (leg. Schmitz).

5) Wegen der Bedeutung dieses Ausdruckes vgl. Zerlang, Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen über die Florideengattungen *Wrangelia* und *Naccaria.* Flora 1889 S. 376 Anm. 2. — Nägeli (l. c. p. 247) bezeichnet diese gallertartige Hüllschicht als „Extracellularsubstanz (Cuticula)“.

ermöglicht dadurch ein bequemes Zerquetschen der Sprosse. An Material, welches lange Zeit in Spiritus aufbewahrt worden ist, quillt sie häufig in Wasser nicht mehr vollständig auf; es zeigen sich dann im Innern der Glieder Lücken in der Gallerte, die bei Farbezusatz dadurch sichtbar werden, dass sich in ihnen Farbe ansammelt, während die Kollode selbst keinen Farbstoff aufnimmt. Die Thalluswandung ist einschichtig und besteht aus nahezu gleich grossen Zellen; nur vereinzelt finden sich kleinere Zellen vor, die sich in die Lücken zwischen den übrigen Zellen an der Aussenseite des Thallus einfügen. Dicht an der Innenseite der Wandung entlang ziehen sich lange dünne Zellfäden, welche ziemlich reichlich kleine, kuglige Zellchen in die Thallushöhlung hinein abgliedern. Diese langen Zellfäden sind auch verzweigt, aber nur in sehr geringem Maasse.

Einzellige Haare von nicht unbeträchtlicher Länge sind in grosser Menge an den Zweigen vorhanden; besonders häufig aber finden sie sich an den Spitzen der Zweige.

Wie Schmitz[1]) gezeigt hat, setzt sich der Thallus von *Chylocladia kaliformis* aus einzelnen Zellfäden zusammen, welche an der Spitze zusammenstossen und dort den fortwachsenden Scheitel der Zweige bilden. Es gelingt nicht allzuschwer, durch geeignete Behandlung — Kochen in destillirtem Wasser und nachheriges Quetschen durch Druck oder Stoss auf das Deckglas — die Spitzen der Zweige in die sie zusammensetzenden Fäden zu zerlegen. An den so gewonnenen isolirten Fäden lässt sich dann ohne grosse Mühe die Wachsthumsweise derselben studiren. Man sieht dann, dass sich die Endzellen der einzelnen Fäden durch Querwände theilen und so die Scheitelzellen fortwachsender Fäden bilden, sowie auch dass in den abgeschnittenen Gliederzellen Längswände auftreten. Diese Längstheilung findet gewöhnlich schon an der ersten, sicher aber an der zweiten Zelle unterhalb der (Scheitel-)Endzelle statt. Die hierdurch abgeschnittenen Zellen sind stets nach aussen hin gelagert. Diese abgegliederten, äusseren Zellen verzweigen sich dann ihrerseits wieder nach dem bekannten Verzweigungsmodus, der von Bornet als subdichotom bezeichnet wurde. Indem nun die sich theilenden Aussenzellen zweier benachbarter Zellfäden untereinander und mit ihren Tochterzellen zusammenstossen, bilden sie die ringsum zusammenschliessende Sprosswand, während ein solides parenchymatisches Mark von den

---

1) Schmitz, l. c. p. 114 Fig. 29 p. 155.

im Innern zusammenstossenden Tragzellen dieser Wandzellen zusammengesetzt wird. Da so die Wand gewissermassen die Rinde der Sprosse gegenüber dem parenchymatischen Innern darstellt, so seien die Wandzellen im Folgenden auch als Rindenzellen bezeichnet.

Die Tragzellen der Wandzellen, d. h. die Zellen, welche (von der Spitzenzelle nach unten abgegliedert) durch die Ausbildung einer Längswand nach Innen zu liegen kommen, theilen sich im Allgemeinen nicht mehr. Sie wachsen später stark in die Länge und strecken sich zu mitunter recht langen hyphenartigen Zellen aus. In den äussersten Spitzen der Zweige schliessen diese Tragzellen sämmtlicher Fäden, welche den Thallus des Zweiges zusammensetzen, dicht zusammen ohne eine Lücke zwischen sich zu lassen. In den Zweigspitzen ist somit die Eigenthümlichkeit des Habitus der Chylokladieen, die sie sonst von allen übrigen Florideen unterscheidet, noch nicht zu erkennen; wir finden da einen soliden Spross, dessen innere Partie, das Mark, von den Tragzellen der Rindenzellen gebildet wird. Erst im Verlauf des weiteren Wachsthums weichen die Markzellen in der Mitte auseinander und lassen eine Lücke zwischen sich entstehen, welche von Gallerte erfüllt ist. Da somit die erwähnten hyphenartigen Zellen in ihrer frühesten Jugend das Mark der Sprosse bilden, so mögen sie im weiteren Verlaufe dieser Darstellung als Markzellen, die Reihen derselben als Markfäden bezeichnet werden.

Diese Markfäden zeigen auch, aus wie vielen einzelnen Zellfäden der Spross zusammengesetzt ist. Jedem Markfaden entspricht natürlich eine Spitzenzelle, und die Spitzenzellen sämmtlicher Markfäden setzen den Scheitel des Sprosses zusammen. Da die Zahl der Markfäden oft bis sechszehn und mehr beträgt, so ist natürlich, dass selbst bei flachkugeligen Spitzen nicht alle Endzellen den äussersten Scheitel erreichen können. An der Sprossspitze stossen vielmehr nur drei bis vier Zellfäden mit ihren Endzellen unvertüpfelt zusammen, in die Lücken zwischen diese Fäden fügen sich dann die andern hinein.

Die Thatsache, dass der Spross von *Chylocladia* aus mehreren einzelnen Zellfäden sich aufbaut, lässt nun selbstverständlich ausgeschlossen erscheinen, dass nur eine einzige Scheitelzelle vorhanden sei. Es sind eben so viele Scheitelzellen in Thätigkeit wie Markfäden die Sprossspitze durchziehen.

Zuerst hatte Nägeli[1]) das Spitzenwachsthum der *Chylocladia kaliformis* auf die Thätigkeit einer einzigen Scheitelzelle zurückgeführt.

---

1) Nägeli, l. c. p. 246.

Obwohl nun schon von Kny[1]) und Berthold[2]) nachgewiesen war, dass mehrere Scheitelzellen vorhanden sind, wurde neuerdings die Angabe Nägelis von Wille[3]) wieder aufgenommen, jedoch von Debray[4]) und Bigelow[5]) widerlegt. Mir scheint, als ob die Fig. 55, auf welche sich Wille in seiner Angabe bezieht, die Spitze gar nicht median getroffen hat; der Schnitt ist offenbar oberhalb oder unterhalb der Medianebene des Sprosses geführt worden.

Setzen die Markfäden nach oben zu den Scheitel des Sprosses zusammen, so geben sie anderseits unterhalb und nach innen zu den Scheidewänden das Entstehen. Das erste Diaphragma wird ziemlich dicht unter dem Scheitel des Zweiges angelegt und entsteht dadurch, dass die Markfäden nach dem Zweiglumen hin Zellen abgliedern, welche sich ihrerseits theilen und unter einander vertüpfeln. Gewöhnlich durchsetzen die Markfäden die Diaphragmen ohne sich direct an der Bildung der Scheidewand zu betheiligen. Indessen kommt dies doch auch mitunter vor, und es verbindet dann eine Markfadenzelle von der Grösse einer Diaphragmazelle die Markfadenzelle über der Scheidewand mit der unter derselben; bisweilen sind solche Markfaden-Diaphragmazellen auch wohl etwas länger und ragen dann nach beiden Seiten noch über die Scheidewand hinaus (Taf. VII u. VIII, Fig. 78). Die Abstände der Diaphragmen untereinander vergrössern sich nach der Basis des Zweiges hin. Zuweilen kommt es vor, dass die Diaphragmen mehr oder weniger grosse Intercellularräume enthalten und keine lückenlosen festgeschlossenen Wände darstellen. Sie sind stets einschichtig. Ihr Zweck scheint ein rein mechanischer; sie dienen wohl hauptsächlich zur Erhöhung der Festigkeit der Sprosse.

Ausser den Diaphragmazellen entstehen aus den Markfadenzellen auch in der Höhlung des Sprosses die runden, kugligen Zellchen, deren Durchmesser ungefähr gleich der Dicke der Markfadenzelle ist. Welche Function diesen Zellen zukommt, kann nicht mit Sicherheit angegeben werden. Dass sie aber, wie Debray[6]) annimmt, Zellen

1) Kny, Sitzungsbericht nat. Freunde 1872 S. 7.

2) Berthold, l. c.

3) Wille, l. c. p. 77, Fig. 55 Taf. V; Bot. Centralblatt 1889 p. 420.

4) Vgl. Debray, Sur la stucture etc. Fig. 5.

5) Bigelow, On the structure of the frond in Champia parvula. — Contributions from the Cryptogamic Laboratory of the Museum of Harward University. VII. 1887.

6) Debray, Recherches etc. p. 10,

rudimentärer Diaphragmen darstellen, halte ich für ganz ausgeschlossen. Sie sind jedenfalls stets sehr reich an Inhaltsstoffen und lagern intensiv Farbe ein. Es dürfte die Deutung nichts Unwahrscheinliches haben, dass ihnen von den Markfäden, die wohl hauptsächlich der Leitung dienen, Stoffe zugeführt werden, welche als Ausscheidungsprodukte des Stoffwechsels entstanden sind. Sie hätten dann eine ähnliche Bedeutung wie die Sekretzellen vieler Phanerogamen (*Hypericum, Zingiber* u. a.). Es mögen jedenfalls diese Zellchen der Kürze wegen im Folgenden Drüsenzellen genannt werden. Ich habe verschiedentlich durch Anwendung geeigneter Färbungsmittel versucht festzustellen, ob die Drüsenzellen etwa den gallertigen Schleim, mit dem das Innere der Sprosse ausgefüllt ist, in hervorragendem Maasse absondern, doch ergaben nach dieser Richtung hin die Untersuchungen kein Resultat.

Aussen ist der Thallus, und zwar besonders an den Spitzen, mit zahlreichen Haaren bekleidet. Dieselben wachsen zu einer beträchtlichen Länge aus und sitzen den kleinen Rindenzellen an. Sie sind stets einzellig. Es kommt sehr häufig vor, dass sie dicht am Spross abbrechen und dann mit ihren unteren Partien in der gallertigen Hülle zwischen der Thalluswandung und dem Grenzhäutchen stecken. Diese Haarstumpfe bleiben dann gewöhnlich noch längere oder kürzere Zeit erhalten[1]). Die Haare sind im Innern an ihrer fortwachsenden kolbigen Spitze mit körnigem Protoplasma versehen, während das sehr enge Lumen der Mitte plasmaarm, an älteren Haaren sogar plasmaleer ist; die Basis der Haare ist gewöhnlich zwiebelförmig angeschwollen. Im Gegensatz zu dem engen Lumen der Haare ist die Dicke der Membran eine ziemlich beträchtliche.

Die Zweigspitze ist gewöhnlich kugelig, die Zweigbasis stark eingeschnürt; der Durchmesser der Zweige übersteigt an der Basis meist nicht die Länge dreier Thalluswandzellen. Die Zweige sind gewöhnlich in einer grösseren Anzahl zu einem Quirl vereinigt; es wurden bis acht Aeste in einem Quirl gezählt. Im Allgemeinen entstehen die Zweige in acropetaler Reihenfolge; doch geht gelegentlich auch an den unteren, älteren Partien noch eine Ausbildung junger Zweige vor sich. In allen beobachteten Fällen erfolgt die Zweigbildung an den Einschnürungen, wo die Diaphragmen dem Spross mehr Festigkeit geben. Dort beginnt eine reichliche Zelltheilung, indem einige der grossen Thalluszellen der

---

1) Vgl. Nägeli l. c. Taf. X Fig. 17; die feinen Fädchen an den Haarstumpfen sind sehr wahrscheinlich parasitärer Natur.

Wand — meist sechs bis zehn — kleinere Rindenzellen abgliedern. Diese theilen sich wieder und wachsen zu Fäden aus; die Spitzen dieser Fäden schliessen zusammen und bilden nun die Scheitelfläche der Zweige. Zu Scheitelzellen werden also nicht die Tochterzellen der grossen Thalluswandzellen selbst, sondern erst die durch Theilung dieser Tochterzellen entstehenden Zellen. Diese theilen sich dann in der gewöhnlichen Weise: nach oben hin werden die neuen weiter wachsenden Scheitelzellen, nach aussen die Wandzellen der Zweige abgeschnitten; die zu Markfäden werdenden Zellen sind dann also mit den Zellen vertüpfelt, welche den grossen Thalluswandzellen ansitzen[1]), nicht mit diesen grossen Wandzellen direct. Die Höhlungen der Mutter- und Tochtersprosse communiciren nicht mit einander, die Thalluswand des Muttersprosses trennt beide.

2. Chylocladia ovalis *Hook.*[2])

Der Thallus von *Chylocladia ovalis*[3]) (*Lomentaria ovalis* Endl.; J. Agardh, Spec. Flor. II p. 736; *Gastroclonium ovale Kütz.,* Spec. alg. p. 865) besteht aus stielrunden, soliden, verzweigten Stengeln, die unterhalb fast nackt sind, oberhalb dicht gedrängte Aestchen tragen. Diese Aestchen sind oval bis länglich, hohl, sehr wenig septirt und nur wenig gliederartig eingeschnürt. Gewöhnlich ist nur ein einziges Diaphragma vorhanden; dasselbe befindet sich dann dicht unterhalb der Spitze; in sehr seltenen Fällen wurden zwei beobachtet. Das Diaphragma fehlt auch bisweilen. Mehrfach wurde dies Fehlen eines Diaphragmas auch bei älteren Zweigen constatirt (die Zweige trugen Früchte, deren Sporen schon entleert waren, gleichwohl war ein Diaphragma nicht vorhanden). Die Spitzen der Zweige sind kugelig wie bei *Ch. kaliformis*; ihre Basis ist massiv und sehr verschmälert. Die ganzen Sprosse sind innen und aussen von Kollode umhüllt; dieselbe umgibt die Zweige in ziemlicher Breite und ist nach aussen zu durch ein zartes Grenzhäutchen abgegrenzt.

---

1) Wie aus dem Geschilderten hervorgeht, stützen sich wohl die Zweige auf die Diaphragmen, nehmen aber nicht von ihnen — wie Debray (Recherches etc. p. 15) angibt — sondern von der Sprosswand ihren Ursprung. In den meisten Fällen geht die (im optischen Durchschnitt) obere Zweigwand dicht oberhalb, die untere dicht unterhalb des Diaphragmas hervor; die Verlängerung des letzteren würde die Zweigbasis in zwei ziemlich gleiche Hälften theilen.

2) Kützing, Tab. phyc. XV Taf. 98. — Harvey, l. c. Taf. 118.

3) Es wurde hauptsächlich Spiritusmaterial untersucht. Dasselbe stammte aus Cherbourg (leg. Schmitz).

Der anatomische Bau des massiven Stengels weicht im Allgemeinen nicht vom normalen Bau anderer Florideengruppen ab; von Debray[1]) werden daher auch solche Sprosse der Chylocladieen als normale bezeichnet. Ein ziemlich dicht geschlossenes, parenchymatisches Gewebe mit grösseren Zellen im Innern und kleineren auf der Aussenseite bietet sich auf Quer- und Längsschnitten des Thallus dar. Auch dieses parenchymatische Gefüge entsteht aus verzweigten Zellfäden; und wenn es auch nicht so leicht ist wie bei der vorbeschriebenen Species, die fädige Struktur des Stengels klar zu legen, so wird es doch auch hier bisweilen von Erfolg gekrönt, wenn man Stammspitzen einige Zeit in kochendem Wasser aufweicht und darauf vorsichtig quetscht. Auch Längsschnitte[2]) zeigen die fädige Zusammensetzung des soliden Stengels und lassen auch zu gleicher Zeit die subdichotome Gliederung der Zellen erkennen. — Bedeutend klarer zu erkennen ist bei *Chylocladia ovalis* die fädige Struktur der Zweige, welche dicht gedrängt die Spitzen der soliden Stengel umgeben. An ihrer Basis, da wo sie am Muttерspross angeheftet sind, gleichfalls massiv, bieten sie weiter oberhalb fast genau das Bild einer *Chylocladia kaliformis*. Die Thalluswandung ist einschichtig und besteht aus Zellen, die auf demselben Querschnitt nahezu gleich gross erscheinen; nur vereinzelte kleinere Zellen finden sich in den Lücken zwischen den grösseren Zellen. Unterwärts am Spross sind die Zellen grösser als oberhalb, sie nehmen sowohl an Dicke und Breite, als auch ganz besonders in der Längsrichtung des Zweiges an Länge zu. An der Innenseite der Wand entlang ziehen sich auch hier die langzelligen Markfäden, welche nach dem Zweiglumen zu kleine, kuglige Zellchen reich an Inhalt tragen. Die Markfäden sind auch hier nur wenig verzweigt.

Nur die Zweige tragen Haare, aber ausschliesslich an ihren Spitzen, und auch dort sind dieselben nicht in sehr grosser Menge vorhanden.

Diese Zweige setzen sich nun gleichfalls aus verzweigten Zellfäden zusammen, und es gelingt verhältnissmässig leicht durch Quetschen nach vorhergegangenem Kochen die einzelnen Zellfäden zu isoliren. Die subdichotome Theilungsweise der Zellen ist dann an den isolirten Fäden deutlich zu beobachten und man sieht, dass die Wachsthumsweise genau die der *Chylocladia kaliformis* ist. Die Scheitelzelle des Fadens theilt sich durch eine Querwand in die neue Scheitelzelle und eine Zelle, welche durch eine Längswand eine Rindenzelle

---

1) Vgl. Debray, Sur la structure etc. p. 400.

2) Debray, Sur la structure etc. p. 401 Fig. 2.

abgliedert. Durch weiter fortgesetzte Theilungen der Rindenzellen und durch gleichzeitiges weiteres Wachsthum aller übrigen Fäden entsteht dann die ringsum lückenlos geschlossene Zweigwand.

Auch hier nimmt von den Markfäden aus die Scheidewand ihr Entstehen. Sie wird dicht unter dem Scheitel durch Theilung der Markfadenzellen angelegt und vergrössert sich später durch intercalares Wachsthum. Da die Zweigchen ziemlich kurz sind, so sind im Interesse der Festigkeit des Zweiges auch nur wenige Diaphragmen nöthig. Man findet denn auch selten mehr als eins und zwar ziemlich dicht unterhalb der Spitze; selbst an ausgebildeten Zweigen, an denen die Früchte schon ihre Sporen entleert haben, ist es nie mehr als höchstens die Länge seines Durchmessers von dem Scheitel des Sprosses entfernt.

Wie schon bemerkt, tragen auch hier die Markfäden die kleinen, kugligen, inhaltsreichen Zellchen, die sich sehr intensiv färben. Sie entstehen schon in einem ziemlich frühen Stadium der Entwickelung der Zweige, schon vor Anlage des Diaphragmas. In einem Falle trug schon die vierte Zelle vom Scheitel eine solche Drüsenzelle.

Die Haare sitzen stets nur den kleineren Rindenzellen auf, sind jedoch nicht so zahlreich wie bei der vorigen Species. Sie brechen auch hier sehr leicht ab und lassen nur ihre sehr kurzen Stumpfe in der breiten Hüllkollode zurück. Sie unterscheiden sich etwas in der Form von den Haaren der *Chylocladia kaliformis* und erscheinen etwas schlanker als dort. Die jüngeren Haare zeigen ein durchgehend gleich breites Lumen. In den älteren Haaren ist die Mitte zwar etwas verengert und plasmaarm, doch ist in den unteren und oberen Partien eine Erweiterung des Lumens nicht eingetreten; weder ist die Basis zwiebelartig angeschwollen, noch die Spitze kolbig erweitert. Die Membran ist nicht sehr dick, jedenfalls viel dünner als bei *Ch. kaliformis*.

3. Champia lumbricalis *Lamour.*[1)]

Schon von Roth wurde 1806 die Species *lumbricalis* als Typus einer besonderen Gattung beschrieben, die (auf Vorschlag Thunbergs) den Namen *Mertensia* erhielt. Da jedoch dieser Name von Wildenow für eine Farngattung vorweggenommen war, so musste für *lumbricalis* ein anderer Name aufgestellt werden. Der infolge

1) Harvey, Nereis australis (London 1847) p. 78 Taf. 30. — Kützing, Tab. phycol. XV Taf. 84.

dessen von Desvaux und Lamouroux angewandte Gattungsname *Champia* erfreute sich dann dauernd einer allgemeinen Zustimmung, so dass die sonst so vielfach verbreitete Verwirrung in der Nomenclatur der Florideen in Bezug auf diese Gattung nicht entstanden ist. — Ein Theil der zu dieser Gattung gehörigen Species allerdings ist erst längere Zeit bei anderen Gattungen untergebracht gewesen. So rechnete Kützing[1]) und eine Zeit lang auch J. Agardh[2]) einige der hierher gehörenden Species zu *Lomentaria Gaill.* Die typische Species *lumbricalis* ist aber stets zu *Champia* gestellt worden.

Der Thallus von *Champia lumbricalis*[3]) (Kützing, Spec. Alg., p. 861; J. Agardh, Spec. Floridearum II p. 371) ist stielrund, dickwandig, hohl, mit Diaphragmen versehen, an den Gliedern fast gar nicht eingezogen und nur wenig verästelt. Die Aeste sowohl wie der Hauptspross tragen in grossen Abständen büschelbildende Zweige. Diese Zweige sind kurz und mehr oder weniger gekrümmt; ihre Spitzen sind abgestumpft. Die Glieder der Sprosse sind recht kurz, meist breiter als lang; die älteren sind länger als die jüngeren, also unten am Spross länger als weiter oberhalb. Cystokarpien und Tetrasporen werden nur an den Zweigen ausgebildet. Der ganze Thallus ist von einer sehr schmalen Aussenkollode umgeben, die auch an den Zweigen nicht viel breiter als am Hauptspross ist: nach aussen ist sie von einem derben Grenzhäutchen umhüllt. Auch der Hohlraum in den einzelnen Gliedern ist mit Gallerte angefüllt. Ob indessen die Kollode das Lumen der Sprosse ganz und gar ausfüllt, konnte nicht mit Sicherheit entschieden werden; doch ist es sehr wahrscheinlich, dass sich — nach Analogie der anderen untersuchten Fälle — auch hier, wie bei jenen Species, die Gallerte gleichmässig durch die ganze Höhlung ausbreitet. Es lag aber zur Untersuchung nur trockenes Material vor und in den davon angefertigten Schnitten hatte offenbar die Kollode nicht mehr ihre frühere Quellbarkeit wieder gewonnen. Denn nachdem die Schnitte aufgequollen waren und die Präparate Farbe angenommen hatten, liessen sich zwar grosse Kollodemassen erkennen, jedoch lagen sie in der Mitte des Lumens und waren von der Thalluswandung fast vollständig losgelöst und ohne Verbindung mit ihr.

---

1) Kützing, Spec. Alg. p. 864.

2) J. Agardh, Spec. Floridearum.

3) Es wurde nur Herbarmaterial untersucht. Dasselbe stammte vom Kap der guten Hoffnung.

Die Thalluswand besteht aus mehreren Zelllagen. In alten Stengeln zählt man zwei bis drei und mehr Schichten ziemlich grosser Zellen; diesen schliessen sich nach aussen ungefähr zwei bis drei Schichten von Zellen an, die nach aussen zu kleiner werden. Dann folgt eine eng zusammenschliessende Schicht kleiner, in der Richtung von innen nach aussen gestreckter, länglicher Rindenzellen.

Im Allgemeinen ist der Bau der Thalluswand bei den Zweigen derselbe, nur ist die Wand dünner und hat dementsprechend auch weniger Zelllagen; gewöhnlich sind es nicht mehr als vier bis fünf, und an den Zweigspitzen sind sogar noch weniger vorhanden.

An der Innenseite der Wände entlang ziehen sich die langzelligen Markfäden; sie tragen nach dem Lumen zu die kleinen, kugligen Zellchen und sind etwas verzweigt. Die Zahl der Drüsenzellen ist hier bedeutend geringer als bei den bisher beschriebenen Species. Haare wurden bei dieser Species gar nicht beobachtet. Es scheint als ob die dicke Grenzhaut und die. dichte Rinde genügenden Schutz gegen zu intensive Beleuchtung gewähren. Haare, deren Bestimmung ja, wie Berthold[1]) feststellte, die ist, die Algen vor zu greller Beleuchtung zu schützen, würden demnach nicht von bedeutendem Zwecke sein. Der Thallus setzt sich aus verzweigten Zellfäden zusammen. Es ist nicht schwierig, sich hiervon durch Quetschen nach vorhergegangenem Kochen zu überzeugen: entweder gelingt es, an der Spitze verschiedene der den Scheitel zusammensetzenden Fäden durch Quetschen zu isoliren, oder man erhält auch Präparate, welche den Scheitel etwas breitgedrückt und in der Mitte auseinander gequetscht zeigen; die an der Spitze zusammenstossenden Fäden sind dann etwas auseinander gewichen und um diese kleine Lücke breiten sich nun strahlig die einzelnen Zellfäden nach allen Richtungen aus. Die Theilungsweise der Zellfäden ist die gewöhnliche subdichotomische. Ihre Spitzen bilden, indem sie alle aneinander stossen, den fortwachsenden Scheitel der Sprosse. In den Fäden geht während des Wachsthums die Theilung in sehr lebhafter Weise vor sich.

Alle diese Beobachtungen lassen sich auch unschwer an Schnitten wiederholen, namentlich dann, wenn die Schnitte nicht zu dünn sind (wie denn überhaupt an dünnen Mikrotom-Schnitten verschiedene Strukturverhältnisse nicht gut aufgeklärt werden können, da die geringe Dicke des Schnittes meist eine genaue Orientirung verhindert). Dickere Schnitte dagegen ermöglichen leicht Sicherheit über die Orientirung

---

1) Vgl. Berthold, l. c. p. 677. ff.

der Zellen, während andrerseits genügendes Verquellen und Aufhellen auch den Einblick in den inneren Bau gestatten.

Von den Markfäden geht die Bildung der Diaphragmen aus. Das erste wird ganz dicht unter der fortwachsenden Spitze angelegt, indem die Markfäden nach dem Zweiglumen zu Zellen abgliedern, die sich ihrerseits wieder theilen, bis das Diaphragma geschlossen ist; durch intercalares Wachsthum vergrössert es sich dann später. Die Markfadenzellen ragen gewöhnlich weit unter und über das Diaphragma hinaus. Die Bildung des Diaphragmas erfolgt also hier genau in derselben Weise wie bei den vorbeschriebenen Species. Es stehen demgemäss auch hier die Markfäden nur an der Peripherie der Diaphragmen mit diesen in Verbindung. Bisweilen finden sich aber in Schnitten auch einige Markfäden, welche scheinbar die Mitte der Höhlung durchziehend die einzelnen Diaphragmen mit einander verbinden.[1]) Thatsächlich sind aber in der Mitte zwischen den Diaphragmen keine verbindenden Markfäden vorhanden, und sie zeigen sich nur deshalb auf einzelnen Schnitten, weil bei diesen die im Schnittmaterial gekrümmten und gefalteten Diaphragmen nicht gleichmässig in senkrechter Richtung zur Thalluswand getroffen werden.

In den Zweigen und den jüngeren Partieen der Hauptsprosse bestehen die Diaphragmen aus einer einzigen Zellschicht. In den älteren Theilen werden sie mehrschichtig[2]), doch bleibt die primäre Querwand durch die Regelmässigkeit der Form ihrer Zellen auch in diesen verdickten Diaphragmen kenntlich.

Die Drüsenzellen sitzen den Markfäden an und werden von diesen nach dem Lumen des Sprosses zu abgeschnitten. Sie treten schon früh auf und sind schon oberhalb des ersten deutlich erkennbaren Diaphragmas ausgebildet, aber, wie schon bemerkt, in sehr geringer Anzahl. — Die Zweige sind an ihrer Basis fast von derselben Breite wie in der Mitte. Ihre Markfäden sind mit den grossen Wandzellen des Muttersprosses vertüpfelt; die Lumina der Zweige und Sprosse stehen also nicht unter einander in Verbindung. Wegen der ziemlich beträchtlichen Dicke dieser Pflanze ist natürlich ihre mechanische Festigkeit eine grössere. Man beobachtet daher auch nicht, dass die Lage der Diaphragmen in auffälliger Weise zu der Insertion der Zweige in Beziehung steht. Es wurde zwar mehrmals (an Schnitten) wahrgenommen, dass einzelne Zweige an ihrer Insertionsstelle sich

1) Vgl. Kützing, Phycologia generalis Taf. 54 Fig. 14, wo ein solches Bild dargestellt ist.

2) ibid. Fig. 17.

mit der oberen Partie auf ein Diaphragma stützten, doch kann nicht behauptet werden, dass die Entstehung der Zweige aus dem Mutterspross regelmässig in dieser Weise stattfindet.

4. Champia parvula *Harv.*[1])

Der Thallus von *Champia parvula*[2]) *(Chylocladia parvula Hook.* Brit. Fl. II p. 298; *Lomentaria parvula Gaill.,* Kützing, Spec. Alg. p. 864) ist stielrund, hohl und mit Diaphragmen versehen, an den Scheidewänden etwas eingeschnürt. Die Verzweigung ist keine zu reichliche und erfolgt nach allen Seiten hin. An den Zweigen sind die einzelnen Internodien verhältnissmässig kurz; die Glieder sind fast nicht länger als breit, mehr oder weniger tonnenförmig in den jüngeren, fast cylindrisch in den Hauptzweigen. Die Zweige enden in stumpfe Spitzen. Die einschichtige Wandung ist nach innen und aussen von gallertiger Kollode umgeben, die nach aussen von einem Häutchen begrenzt wird. Die dicht ineinander gefügten Zellen der einschichtigen Thalluswand zeigen auf demselben Querschnitt nahezu die gleiche Grösse, denn nur wenige kleinere Zellen schieben sich in die Lücken zwischen die grossen hinein. Die langzelligen Markfäden, welche auch hier an der Innenseite der Thalluswand entlang laufen und wie bei den vorbeschriebenen Species nach dem Zweiglumen zu kuglige Zellchen tragen, sind etwas verzweigt.

Bei dieser Species sind Haare vorhanden; sie sind einzellig und treten namentlich an den Zweigspitzen ziemlich zahlreich auf.

Die Sprosse setzen sich wie bei den vorigen Species aus verzweigten Zellfäden zusammen; diese Zellfäden wachsen durch Spitzenwachsthum in die Länge ganz genau in derselben Weise, wie es schon verschiedene Male beschrieben worden ist. Diese Zellfäden lassen sich durch Quetschen, wenn der Spross durch Kochen genügend aufgeweicht ist, leicht isoliren. Wir haben demgemäss auch hier kein Spitzenwachsthum durch eine einzige Scheitelzelle, sondern die verschiedenen in der Zweigspitze zusammenstossenden Endzellen der Fäden bilden ebenso viele Scheitelzellen[3]); von diesen stossen einige wenige (drei bis vier) direct an einander am äussersten Scheitelpunkt, die übrigen füllen die Lücken der von dort ausstrahlenden Zellfäden aus.

1) Kützing, Tab. phyc. XV Taf. 87. — Harvey, Phycologia Britannica II Taf. 210.

2) Es wurde Spiritusmaterial von Neapel (leg. Schmitz) und von Wood-Hall (leg. Farlow) untersucht.

3) Vgl. Berthold, l. c. p. 686, Fig., und Bigelow, l. c. p. 116 Fig. 3—6.

Die Markfäden sind direct mit den Wandzellen vertüpfelt. Es mag zuweilen wohl vorkommen, dass die Tochterzellen der Markfäden nicht selbst zu Wandzellen werden, sondern erst die Tochterzellen dieser Zellen, so dass verbindende Zellen zwischen Markfäden und Wandzellen entstehen[1]), doch sind dies stets Ausnahmsfälle.

Die Verzweigung der Zellen, welche die Thalluswand bilden, findet in der üblichen subdichotomischen Weise statt. Von den Endzellen dieser Zellverzweigungen, welche gewöhnlich an der Spitze der Sprosse etwas kleiner als weiter unterhalb sind, werden die einzelligen Haare abgegliedert. Ihrer Form und Gestalt nach sind sie nur wenig von den Haaren der *Chylocladia kaliformis* unterschieden. Am Grunde dick angeschwollen und an ihrer Spitze keulig erweitert, bleiben sie jedoch an Länge bedeutend hinter den Haaren von *kaliformis* zurück; auch ihre Membran ist viel dünner als dort. — Die Festigkeit der Sprosse wird durch Querwände erhöht; dieselben sind einschichtig. Durch diese Diaphragmen laufen die Markfadenzellen gewöhnlich hindurch. Die erste Scheidewand wird dicht unter der fortwachsenden Spitze angelegt[2]) und zwar dadurch, dass die Zellen der Scheidewand von den Markfadenzellen abgegliedert werden. Durch intercalares Wachsthum, indem sich die Zellen des jungen Diaphragmas weiter theilen, vergrössert sich dann später die Wand.

Die Drüsenzellen, welche ja auch aus den Markfadenzellen entstehen, sind in ziemlicher Menge vorhanden; man findet sie bisweilen schon über dem ersten Diaphragma.

Die Verzweigung findet im Allgemeinen in derselben Weise statt wie bei *Chylocladia kaliformis*. Da indessen bei *Champia parvula* die Zweige an ihrer Basis ziemlich breit sind, so nehmen dementsprechend auch mehr Zellen des Muttersprosses an der Zweigbildung theil. Diese beginnt dadurch, dass mehrere der grossen Thalluswandzellen nach aufwärts eine oder mehrere Zellen abgliedern, welche sich ihrerseits wieder nach der Weise der den Thallus bildenden Zellfäden theilen. Hier stellen also die Tochterzellen der grossen Thalluswandzellen die Scheitelzellen der Zweigzellfäden dar (eine kleine Abweichung von der Zweigbildung bei *Chylocladia kaliformis,* wo erst infolge der zweiten Theilung die Scheitelzelle entsteht). Sie gliedern im weiteren Verlaufe ihres Wachsthums nach oben die fortwachsenden neuen Scheitelzellen, nach aussen die Thalluswandzellen ab; mit den grossen Thalluszellen des Muttersprosses sind die Markfäden der Zweige direct vertüpfelt.

1) Siehe Bigelow l. c. Fig. 2, wo solche Zellen abgebildet sind.

2) Vgl. ibid. p. 117 Fig. 3 und Fig. 9.

Die Aeste nehmen also auch hier von den Wandzellen des Muttersprosses ihren Ursprung, nicht von den Diaphragmazellen unterhalb der Wand[1]. Die Zweige sitzen fast immer so an den Muttersprossen, dass sie sich mehr oder weniger auf ein Diaphragma derselben stützen, wodurch natürlich die Festigkeit des ganzen Systemes sehr vortheilhaft beeinflusst wird. Die Basis der Zweige liegt entweder zu beiden Seiten des Diaphragmas oder zum grössten Theil oberhalb resp. unterhalb desselben. Es wurde aber nie der Fall beobachtet, dass die Insertionsstelle eines Zweiges sich zwischen zwei Diaphragmen befand.

Die Zahl der Aeste an einem Diaphragma ist meist sehr gering; gewöhnlich ist nur ein Ast vorhanden.

5. Lomentaria articulata *Lyngb.*[2]

Die Gattung *Lomentaria* wurde im Jahre 1819 von Lyngbye mit der typischen Form *articulata (Ulva articulata Huds.)* aufgestellt. Wie schon bei *Chylocladia* angeführt wurde, entstand einige Verwirrung in der Benennung dadurch, dass später die von Lyngbye aufgestellten beiden verwandten Gattungen *Lomentaria* und *Gastridium* vereinigt wurden von Greville zur Gattung *Chylocladia,* von Gaillon zur Gattung *Lomentaria.* Als dann bald darauf die beiden Gattungen von den folgenden Autoren wieder getrennt wurden, wurde *articulata* zwar bei *Lomentaria* belassen, doch war diese Gattung sowohl bei Kützing[3] als bei J. Agardh[4] eine Sammelgattung; beide Autoren stellten in diese Gattung ausser *articulata* auch *kaliformis* und *parvula* nebst deren Verwandten. Auf Thurets[5] Einwendungen hin trennte nun zwar J. Agardh[6] *kaliformis* und *parvula* von *articulata,* riss letztere aber von der auf sie gegründeten Gattung *Lomentaria* fort und benannte sie *Chylocladia articulata,* während Thuret und Le Jolis[7] — und so verlangt es offenbar das Recht der Priorität — die Bezeichnung Lyngbyes *Lomentaria articulata* aufrecht erhielten.

---

1) Vgl. Debray, Recherches etc. p. 15.

2) Kützing, Tab. phyc. XV, Taf. 85. — Harvey, Phycol. Brit. II, Taf. 283.

3) Kützing, Spec. Alg.

4) J. Agardh, Spec. Florid. Vol. II Pars 3 p. 724 ff.

5) Thuret, l. c. p. 36.

6) J. Agardh, Epicrisis.

7) Le Jolis, Liste des algues marines de Cherbourg. Paris 1863.

Der Thallus von *Lomentaria articulata*[1]) (Kützing, Spec. Alg. p. 863; J. Agardh, Spec. Flor. p. 727; *Chylocladia articulata* Grev., Harvey, Phyc. Brit; J. Agardh, Epicrisis) ist stielrund, regelmässig gliedartig eingeschnürt und an den Einschnürungen solide. An den Einschnürungen, gewöhnlich an allen, entspringen, meist dichotomisch, die Zweige, deren Enden abgerundet sind. Die Glieder sind länglich oval, meist mehrmals länger als breit. Die Kollode, welche die Pflanze aussen umhüllt, ist äusserst schmal; die Grenzhaut, welche diese Kollode nach aussen hin abschliesst, ist auffällig dick und derb.

Die Thalluswand erscheint auf Quer- oder Längsschnitten mehrschichtig. Zu äusserst finden sich kleine inhaltreiche Zellen; dieselben sind äusserst zahlreich und schliessen ganz dicht aneinander. Nach innen zu folgen dann die gewöhnlichen grossen Thalluszellen, wenn nicht noch zwischen diesen grossen und den kleinen Rindenzellen Zellen mittlerer Grösse eingeschaltet sind; hierdurch erscheint dann der Thallus — und das ist ziemlich häufig der Fall — dreischichtig (Fig. 45).

An der Innenseite der Wand entlang ziehen dann die langzelligen Markfäden. Dieselben sind in sehr grosser Zahl vorhanden, verzweigen sich sehr reichlich und anastomosiren in der ausgiebigsten Weise unter einander. Auch hier tragen sie in ziemlicher Menge kleine Drüsenzellen.

An den Einschnürungen zwischen zwei Gliedern ist der Thallus auf mehrere Zellbreiten hin vollständig geschlossen; sonst sind aber Diaphragmen nicht vorhanden.

Auch die Haare fehlen gänzlich.

Die in grosser Zahl vorhandenen, eng aneinander schliessenden kleinen Rindenzellen erschweren bei dieser Species die Untersuchungen um so mehr, als sie auch häufig sehr reich an Inhaltsstoffen sind und sich recht intensiv färben; die grossen Thalluszellen sind durch die dichte Rinde hindurch häufig gar nicht wahrzunehmen, da sie sich bedeutend matter als die darüber liegenden Zellen färben. Es ist daher recht schwierig, die fädige Zusammensetzung des Thallus nachzuweisen, zumal da das Zerquetschen auch nach längerem Kochen häufig ungünstige Resultate liefert. Gewöhnlich werden die Zellfäden zu einem vollständig strukturlosen Lager aus einander gequetscht, und nur in seltenen Fällen lassen sie sich deutlich erkennbar isoliren.

---

1) Es wurde zur Untersuchung ausschliesslich Spiritusmaterial von Cherbourg benutzt (leg. Schmitz).

Mit grösserem Erfolg studirt man daher den Thallusbau[1]) auf Längsschnitten. Dort zeigt sich die fädige Struktur des Thallus und die subdichotomische Verzweigung der Zellfäden, wie in den vorher beschriebenen Fällen; nur findet hier eine weit ausgiebigere Verzweigung statt als bei den Species mit einschichtiger Sprosswandung. Durch diese häufigere Verzweigung entsteht hier auch die grosse Anzahl der Markfäden, welche dadurch, dass sie unter einander anastomosiren, den einzelnen Gliedern eine grössere Festigkeit verleihen. Besonders wird aber das ganze Sprosssystem dadurch gefestigt, dass die Zweige an den Einschnürungsstellen massiv sind. An der Ausbildung der an diesen Stellen gebildeten Verschlüsse nehmen ausser den Wandzellen des Sprosses in erster Linie die Zellen der Markfäden Theil. Mehrere Zellen dieser Markfäden (an sämmtlichen Markfäden etwa drei bis fünf auf einander folgende Zellen) recken sich nämlich nicht wie die übrigen Markfadenzellen in die Länge, sondern bleiben rundlich und gliedern auch wohl bisweilen (aber selten) nach den Seiten hin rundlich bleibende Zellen ab. Ein Auseinanderweichen der Markfäden findet an einer solchen Stelle dann nicht statt, und die Fadenzellen bestehen hier als wirkliche Markzellen fort (Fig. 79)[2]); gleich über dieser Stelle bläht sich der Spross dann wieder auf.

Die Zweige sitzen den Muttersprossen in der unmittelbarsten Nähe der soliden Partieen auf; die sie zusammensetzenden Fäden nehmen von den grossen Thalluszellen aus ihren Ursprung. Die Höhlungen der Mutter- und Tochtersprosse stehen nicht im Zusammenhang mit einander.

6. Lomentaria clavellosa Thur. β conferta (de Notaris).[3])

Der Thallus dieser *Alge*[4]) (*Fucus clavellosus Turn.*; *Chrysymenia clavellosa J. Ag.*, Harvey, Phyc. brit. II p. 114; *Chylocladia cla-*

---

1) Vgl. Debray, Sur la structure etc. p. 412 und 413, Fig. 15.

2) Vgl. Debray, l. c. Fig. 16 pp. 414 und 415.

3) Kützing, Tab. phyc. XV, Taf. 81; *Lomentaria clavellosa* in Harvey, Phyc. brit. II, Taf. 114.

4) Das von mir hauptsächlich zur Untersuchung benutzte Material war in Neapel gesammelt (leg. Schmitz) und in Spiritus conservirt worden. Mit Hilfe der mir zugänglichen Werke bestimmte ich es als *Lomentaria clavellosa β conferta*, wobei ich mich besonders auf Kützing l. c. stützte. — Daneben wurde auch zur Untersuchung Spiritusmaterial der *Lomentaria clavellosa* von Helgoland (leg. Schmitz), sowie von derselben Species Herbarmaterial (Helgoland und Biaritz) benutzt.

vellosa Grev., J. Agardh, Epic. p. 292; *Chondrothamnion clavellosum* Kg., Kützing, Spec. Alg. p. 859) ist stielrund, durchweg hohl und nicht eingeschnürt und allseitig ziemlich reichlich verzweigt. An der Basis sind die schlanken Zweige von geringerem Durchmesser als in der Mitte. Nach der Spitze zu nehmen sie allmählich an Dicke ab; die Spitze selbst ist stumpf bis abgerundet. Das ganze Laub ist ringsum von der gallertigen Hülle umgeben, die ihrerseits von einer Grenzhaut umhüllt ist. Auch die Hohlräume der ganzen Pflanze sind vollständig mit Gallerte ausgefüllt.

Die Thalluswandung kann nur als einschichtig bezeichnet werden. Der Querschnitt zeigt einen Kranz nahezu gleich grosser Zellen; allerdings fügt sich an der äusseren Peripherie dieses Kranzes meist noch eine kleinere Zelle in die Lücke zwischen zwei grössere, doch liegt diese kleine Zelle stets über der gemeinschaftlichen Zellwand zweier grosser Wandzellen und trägt nichts dazu bei, den Thallus zweischichtig erscheinen zu lassen. Diese Anordnung der Zellen bietet bei der Betrachtung der Thalluswand von aussen — abgesehen von den jungen Partieen der fortwachsenden Spitze — ein recht zierliches Bild dar, da die lückenlos zusammenschliessenden grossen Wandzellen, die ein wenig in der Richtung der Längsachse des Sprosses gedehnt erscheinen, über ihren gemeinsamen Zellwänden mit kleinen Zellen garnirt sind, welche von fast gleicher Grösse und in ungefähr gleichem Abstande angeordnet gewissermaassen ein Bild des unter ihnen befindlichen Zellgefüges darstellen, dessen gemeinsame Wände durch die kleinen Zellen markirt werden.

Auch bei dieser Species ziehen sich — genau so wie bei den vorbeschriebenen — an der inneren Fläche der Wandung entlang zahlreiche Reihen von langgestreckten cylindrischen Zellen, die Markfäden. Diese Markfäden sind häufig verzweigt und anastomosiren weiter unterhalb der Spitze in ganz ausgedehntem Maasse mit einander. Durch dies vielfache Verästeln und Anastomosiren entsteht ein dichtes gedrängtes Netzwerk, welches für die Festigkeit und Widerstandfähigkeit der Sprosse von um so grösserer Bedeutung ist, als Diaphragmen nicht vorhanden sind.

An den Markfadenzellen sitzen dem Zweiglumen zugekehrt die kleinen inhaltsreichen kugligen Drüsenzellen. Zuweilen wurden auch Drüsenzellen beobachtet, welche am Ende eines, bisweilen hakig gekrümmten Markfadenzweiges ansassen (Fig. 58).

Wir finden also auch hier (wie auch bei *articulata*) diese Drüsenzellen, und zwar sind sie in beträchtlicher Menge vorhanden. Dia-

phragmen fehlen indessen bei diesen beiden Species. Die Drüsenzellen sind also nicht an das Vorhandensein von Diaphragmen gebunden, ihre Entstehung also auch nicht auf die missglückte Ausbildung eines Diaphragmas zurückzuführen, wie Debray annimmt.

Die Zweige sind — besonders nach der Spitze hin — mit zahlreichen, zum Theil recht langen Haaren besetzt, die sehr leicht abbrechen und mit den Stumpfen in der Hüllgallerte stecken bleiben.

Der Thallus baut sich wieder aus verzweigten Zellfäden auf, die an der Spitze der Zweige zusammenstossen und dort die fortwachsende Scheitelfläche bilden.

Die einzelnen Zellfäden wachsen auch hier durch Spitzenwachsthum in die Länge. Unterhalb der Scheitelzelle findet an der ersten oder zweiten Zelle Verzweigung statt (Fig. 59). Die Astzellen verzweigen sich ebenfalls wieder und bilden zusammenstossend mit den Zellen der Nachbarfäden die Wand des Thallus, während die Tragzellen der Wandzellen zu Markfadenzellen werden. Die Zellen, welche direct an den Markfadenzellen ansitzen, sind die grösseren. Die von diesen im Laufe fortgesetzter Verzweigung abgegliederten Zellen werden allmählich kleiner, wobei sich die kleineren Zellen so in die Lücken zwischen die grösseren einschieben, dass die Wandung wie aus einer Parenchymschicht bestehend erscheint und durchaus lückenlos ist. Die kleinen Endzellen der Zweigchen werden dabei etwas nach aussen gedrängt, so dass die Thalluswand auf dem Querschnitt stellenweise wie zweischichtig erscheint. Die Verzweigung ist gewöhnlich überaus regelmässig und anscheinend dichotomisch (Fig. 60).

Die kleinen Endzellchen tragen die langen einzelligen Haare, und es hat den Anschein, als ob ein jedes dieser Endzellchen solch ein Haar abgliedern kann.

Die Haare gleichen im Grossen und Ganzen denen von *Chylocladia* und *Champia*: an der Basis zwiebelförmig, an der Spitze kolbig angeschwollen; sie werden bis 300 μ und darüber lang.

Die Zweige sind an ihrer Basis, wo sie ihren Mutterzweigen ansitzen, etwas eingeschnürt. Der innere Durchmesser der Zweige ist an dieser Stelle ungefähr der Länge von drei bis vier Wandzellen gleich. Die Zweige entstehen dadurch, dass einige der grossen Thalluszellen nach aussen hin Zellen abgliedern, welche sich in der gewohnten Weise pseudodichotomisch theilen und nun die Scheitelzellen der Zellreihen darstellen, welche den jungen Zweig zusammensetzen. Im ersten Anfang der Zweigbildung ist das Aussehen der Thalluswandung des Muttersprosses ganz genau dasselbe wie das einer fortwachsenden

Spitze: der Spross scheint aus kleinen, dichtgedrängten, inhaltsreichen Zellchen zusammengesetzt. Erst im Laufe der weiteren Entwickelung des jungen Zweiges lassen sich (genau wie an der Spitze des Muttersprosses) die Markfäden von den übrigen Thalluszellen unterscheiden.

Dann ist auch deutlich erkennbar, dass die Höhlungen von Zweig und Muttersspross nicht zusammenstossen. Ferner zeigt es sich dann, dass die Markfäden des Zweiges mit den grossen Thalluszellen der Hauptsprosswand vertüpfelt sind. — Die Tochterzellen dieser Thalluszellen sind also die Scheitelzellen der neuen Zweige geworden. Sie haben sich zunächst in zwei Zellen getheilt, von denen die einen die fortwachsenden Scheitelzellen bildeten, während die andern mit der Wand des Muttersprosses vertüpfelt blieben. Diese letzteren Zellen gliedern dann nach aussen je eine Zelle zur Zweigwandbildung ab, während sie selbst, mit dem Muttersspross dauernd vertüpfelt die ersten Markfadenzellen darstellen.

II.

Wenn wir einen kurzen Rückblick auf die eben geschilderten Thatsachen werfen, so fällt besonders die ausserordentliche Aehnlichkeit, welche diese drei Rhodymenieen-Gattungen auszeichnet, deutlich in die Augen. Diese Aehnlichkeit ist so gross, dass die Beschreibungen, welche Hauck von seiner Gattung *Chylocladia Grev.* (= *Lomentaria Lyngb.* + *Champia Lamour*)[1] einerseits und *Lomentaria Gaill.* (= *Chylocladia Thur.*)[2] andrerseits gibt, ohne die allergeringsten Bedenken vertauscht werden könnten. Alle drei Gruppen sind eben „im äusseren Habitus und in der ganzen Struktur übereinstimmend".[3])

Der Thallus ist mehr oder weniger stielrund, gewöhnlich röhrig, bisweilen gliederartig eingeschnürt und dann an diesen Stellen gewöhnlich von Diaphragmen durchsetzt. Die Wand zeigt ein durchaus geschlossenes parenchymatisches Gewebe, welches sowohl ein- als mehrschichtig sein kann. In den einschichtigen Wänden füllen die kleineren Zellen die Lücken zwischen den grösseren aus, in den mehrschichtigen befinden sich in den inneren Schichten die grösseren und lockerer zusammenschliessenden Zellen, worauf nach aussen zu die kleiner werdenden und dichter in einander gefügten Zellen folgen. Wo Diaphragmen vorhanden sind, bestehen dieselben stets nur aus einer

1) F. Hauck, Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs. Rabenhorsts Cryptogamen-Flora II. p. 153.

2) Ibid. p. 200.

3) J. Agardh, Morphologia Floridearum p. 267.

Zellschicht; erst mit dem Alter nimmt bisweilen die Dicke der Scheidewand zu.

An der Innenseite der Wand entlang laufen die Markfäden gewissermaassen wie Rippen oder Träger eines Gewölbes. Sie tragen überall nach dem Zweiglumen zu die kleinen kugligen Drüsenzellen.

Stets sind diese Algen von der mehr oder minder breiten gallertartigen Aussenkollode umhüllt, die nach aussen durch ein Grenzhäutchen abgeschlossen ist; sind die Sprosse hohl, so ist auch der Hohlraum von Kollode erfüllt.

Bei allen hier untersuchten Species setzt sich der Thallus, wie allgemein bei den Florideen, aus verzweigten Zellfäden zusammen, deren Endzellen, am Scheitel der Sprosse zusammenstossend, ebenso viele Scheitelzellen darstellen; eine e i n z i g e Scheitelzelle ist in keiner dieser drei Chylocladieengattungen vorhanden. Diese den Florideenthallus zusammensetzenden Fäden verzweigen sich in der gewöhnlichen subdichotomischen Weise. Die Scheitelzelle theilt sich nur durch Querwände, die übrigen Zellen schneiden nur seitwärts Astzellen ab. Auf diese Weise werden nach aussen hin die Wand- und Rindenzellen abgegliedert; im Innern theilen sich die Tragzellen dieser Rindenzellen gewöhnlich nicht weiter, sondern wachsen in die Länge zu hyphenartigen Fäden. Dadurch, dass diese dicht unterm Scheitel eng zusammenschliessen, in den meisten Fällen dann während des weiteren Wachsthums aus einander weichen, entstehen die aufgeblasenen, röhrigen Sprosse, die für die Chylocladieen so charakteristisch sind.

Von den Markfäden aus wird in allen Fällen sowohl das stets einschichtige Diaphragma als auch der mehr oder weniger breite Verschluss der Einschnürungen angelegt. In letzterem Falle sind es die — rund bleibenden — Markfadenzellen allein, welche die Höhlung ausfüllen, bei den Diaphragmen sind es hauptsächlich Astzellen der Markfäden, die durch weitere Theilungen eine parenchymatische Scheidewand bilden. Beide entstehen dicht unter dem Scheitel.

Die Haare sind überall, wo sie auftreten, die letzten Ausläufer eines Zellfadens und werden demgemäss stets von den kleinsten Rindenzellen, den Wandzellen letzter Ordnung getragen. Sie sind überall von fast genau der gleichen Form: am Grunde gewöhnlich zwiebelförmig angeschwollen, an der fortwachsenden Spitze mehr oder weniger erweitert, in der Mitte eng.

Die Zweige sitzen überall in der Nähe der Diaphragmen oder der soliden Einschnürungen, sie sind stets an den grossen Wandzellen

— nie an den Diaphragmen — angeheftet; ihre Höhlung steht nie mit dem Hohlraum des Muttersprosses in offener Verbindung.

Gegenüber dieser grossen Zahl von Aehnlichkeiten haben die geringen Verschiedenheiten kaum mehr als die Bedeutung von Speciesunterschieden.

Der Thallus ist nicht eingeschnürt bei *Lomentaria clavellosa.* Dort fehlen auch die Diaphragmen; reichliches Anastomosiren der Markfäden scheint ihren Mangel zu ersetzen.

Auch bei *L. articulata* fehlen die Diaphragmen, doch ist hier der Spross stellenweise (an den Einschnürungen) massiv. Diese Species leitet also in diesem Sinne zu den Chylocladieen mit solidem Stengel hinüber, zumal da auch die Thalluswand mehrschichtig ist, während sie bei *L. clavellosa, Chylocladia kaliformis* und den Zweigen von *Ch. ovalis, Champia parvula* mehr oder weniger einschichtig erscheint.

Nach dieser Richtung hin nähert sich noch mehr *Champia lumbricalis* mit der vielschichtigen Wand den Chylocladieen mit massiven Sprossen, und die Zweige von *Chylocadia ovalis,* welche im oberen Theile aufgeblasen, im unteren dagegen solid sind, bilden den directen Uebergang dahin.

Die Haare fehlen nur wenigen Species und werden bei diesen durch eine dichtere Berindung und eine derbere Grenzhaut ersetzt.

Es sind also wohl einzelne Unterschiede vorhanden; dieselben sind aber so unbedeutend, dass man wohl die drei Gattungen der Chylocladieen zu einer Gattung vereinigen könnte, wenn für die systematische Eintheilung nur die Eigenthümlichkeiten der vegetativen Sprosse als maassgebend betrachtet würden.

III.

1. Chylocladia kaliformis.

Die Carpogonäste[1]) der Florideen, das sind die Aeste, deren Endzelle zur weiblichen Sexualzelle, dem Carpogonium, sich ausbildet, werden gewöhnlich erst nach der Anlage aller übrigen Verzweigungen als secundäre Seitenäste ausgebildet. Wie diese Ausbildung des Carpogonastes und die Weiterentwickelung bei der hier behandelten Gruppe erfolgt, darüber liegen ausser den Untersuchungen Janczewskis[2]) nur noch die Angaben von Schmitz vor, welche sich beide auf die Species *Chylocladia kaliformis* beziehen.

1) Vgl. Schmitz, l. c. p. 121 ff.

2) Janczewski, Notes sur le développement du crystocarpe dans les Floridées (Cherbourg 1877) p. 1877.

Ersterer beschreibt ein fünfzelliges „Prokarp“ (Fig. 9), dessen vier Endzellen zu Grunde gehen, wenn die Befruchtung nicht erfolgt ist. Eben befruchtete Carpogonäste gelang es ihm nicht, trotz eifrigsten Suchens, zu finden, so dass er nicht im Stande ist anzugeben, welche Zelle des Prokarpes zur „carpogenen“ Zelle wird. Das nächste von ihm beobachtete und auch abgebildete Stadium (Fig. 10) lässt vom Carpogonast nichts mehr erkennen. Die Fruchtwandbildung ist schon ziemlich vorgeschritten, die „carpogene“ Zelle ist eiförmig geworden und hat sich reich mit Protoplasma angefüllt. Eine unter ihr (nach der Thalluswand zu) liegende Zelle ist gleichfalls sehr protoplasmareich. Es ist Janczewski sehr wahrscheinlich, dass diese Zelle aus der ersten Zelle des Prokarps hervorgegangen ist; sie ist von mehreren kleineren Zellen umgeben, welche die Fruchtwandfäden tragen. Im weiteren Verlauf der Entwickelung schliessen sich dann die Fruchtwandfäden über der karpogenen Zelle, welche sich, nachdem sie an Grösse zugenommen hat, in eine (untere) Placentazelle und die Sporenmutterzelle theilt. Aus letzterer entstehen durch verticale Theilungen die Sporen. Im Zustand der Reife weichen dann die Membranen der Fruchtwandfäden auf und ihr Inhalt stirbt ab; nur die äusserste Schicht bleibt erhalten und auch theilungsfähig.

Schmitz[1]) dagegen beschreibt die Befruchtung folgendermaassen: Schon sehr frühzeitig entstehen nahe der fortwachsenden Spitze an den Thalluswandzellen vierzellige Carpogonäste, deren Endzelle das Carpogonium ist. Ueber dieses Carpogonium krümmen sich dann meist von beiden Seiten grössere Deckzellen, welche von den beiden angrenzenden Thalluszellen abgeschnitten werden. Sie liegen mit ihrem vorgestreckten Rande, dem Copulationsfortsatz, dem Carpogonium an und stellen Auxiliarzellen dar, von denen jedoch nur eine zur Weiterentwickelung gelangt.

Diesen wenigen Angaben gegenüber mögen nun meine ausführlicheren Beobachtungen folgen.

a) Der Carpogonast.

Der Carpogonast der *Chylocladia kaliformis* besteht gewöhnlich aus vier Zellen und wird dicht unter dem Scheitel des wachsenden Sprosses ausgebildet. Dort gliedert sich von einer der gewöhnlichen Thalluszellen aus nach auswärts hin gerichtet ein vierzelliger Ast ab, der sich in eigenthümlicher Weise nach der Tragzelle hakenförmig zurückkrümmt. Infolge dieser Krümmung, die zugleich von einer

1) Schmitz, l. c. p. 135, Fig. 29—33.

geringen schraubenförmigen Drehung begleitet ist, liegt beim ausgebildeten Carpogonast die Endzelle desselben gewöhnlich oder doch sehr häufig dicht neben der Anfangszelle, der grössten des Aestchens, ist also der Zelle, von welcher der ganze Ast sich abzweigt, zugewandt und ihr mehr oder weniger — zuweilen sogar bis zur Berührung — genähert (Fig. 2). Die zweite und dritte Zelle des Carpogonastes liegen ungefähr neben einander in der Richtung der Sprossspitze zu über der ersten und der Endzelle. Das Aestchen windet sich also im ersten Stadium seines Wachsthums sprossaufwärts, richtet sich dann aber im Laufe seiner weiteren Entwickelung sprossabwärts und zeigt seine Spitze stets der Basis des Sprosses zugekehrt.

Die Trägerzelle des Carpogonastes ist, wie schon erwähnt, eine der gewöhnlichen Wandzellen des Thallus, aber stets oder doch fast stets in den sehr zahlreichen beobachteten Fällen eine solche, welche direct einem Markfaden angetüpfelt ist (Fig. 1, 2, 3). Diese fünf Zellen, sowohl die Zellen des Carpogonastes als auch seine Tragzellen, sind sehr inhaltreich und glänzend. Sie lagern intensiv Farbe ein[1]), bedeutend mehr als die übrigen benachbarten Zellen des Thallus, und heben sich auffällig von diesen ab. Hierdurch gelingt es ziemlich leicht, die kleinen Carpogonastzellen als solche zu erkennen.

Das Endzellchen dieser inhaltsreichen Zellen ist das Carpogonium, die weibliche Sexualzelle. Ihre Gestalt ist in den meisten Fällen eine übereinstimmende. Sie nähert sich der Eiform, ist aber am Grunde etwas (zuweilen sogar recht beträchtlich) angeschwollen und an ihrer Spitze halsförmig verengert. Vermittelst dieser halsartigen, kurzen Verengerung geht das Carpogonium in das lange, dünne, haarförmige, meist gerade Trichogyn über.[2])

Das Trichogyn, am Grunde häufig (nicht immer) auf der einen Seite etwas erweitert, ist meist gegen die beiden Endzellen des Car-

1) Die Untersuchungen wurden nur an gefärbtem Material vorgenommen. Zu dem Zwecke wurden die ganzen Sprosse bez. Schnitte in destillirtem Wasser — bisweilen durch Kochen — aufgeweicht und dann in farbiges Glycerin gelegt. Zuweilen wurden die Sprosse oder namentlich Schnitte erst auf dem Objectträger in dem farbigen Glycerin durch Erwärmen zum Quellen gebracht. Als Farben wurden vorzugsweise Nigrosin und Kongoroth verwendet. Letzteres hatte den Vorzug, schon nach sehr kurzer Zeit — nach einer Stunde oder noch weniger — gut gefärbte Präparate zu liefern, während die Nigrosinpräparate erst nach mehreren Tagen und nach Auswaschen mit ungefärbtem Glycerin zu erfolgreichen Untersuchungen benutzt werden können. Die Tinktion mit Kongoroth hat aber den Nachtheil, dass zuweilen das Roth nach einigen Monaten bräunlich missfarbig wird und dann schliesslich ganz schwindet.

2) Vgl. Schmitz l. c. p. 155 Fig. 29, 30, 33.

pogonastes rechtwinklig umgebogen; es bohrt sich durch die den Zweig umhüllende Kollode nach aussen und bietet so den Spermatien einen bequemen Angriffspunkt dar.

Einigemale wurden auch Carpogonäste beobachtet, welche nicht an einer Tochterzelle eines Markfadens, sondern erst an einer Nachbarzelle einer solchen ansassen. Da diese Carpogonäste aber im Begriffe waren zu Grunde zu gehen und andrerseits sämmtliche zur Weiterentwickelung gelangten Carpogonäste an einer Tochterzelle einer Markfadenzelle ansassen, so scheint für die Weiterentwickelung des Carpogonastes die directe Verbindung der Tragzelle mit einer Markfadenzelle eine nothwendige Bedindung zu sein.

Ausnahmsweise wurde auch in einem Falle ein fünfzelliger Carpogonast beobachtet. Auch die Tragzelle dieses Astes sass nicht direct am Markfaden an, sondern war eine Wandzelle zweiter Ordnung (Fig. 4). Dieser fünfzellige Carpogonast machte den Eindruck, als ob seine Entwickelung nach Ausbildung der ersten Zelle — der dritten vom Markfaden aus — eine Zeit lang stehen geblieben war, um danach aufs Neue zu beginnen, so dass also nun die vorherige erste Carpogonastzelle gewissermaassen die Tragzelle des ausgebildeten Carpogonastes ist.

Das Trichogyn ist sehr leicht vergänglich, und besonders schnell geht es namentlich bei unbefruchtet gebliebenen Carpogonästen zu Grunde. In solchem Falle vergeht in sehr kurzer Zeit der ganze Carpogonast, indem zunächst und ziemlich schnell das Carpogonium, dann aber auch allmählich die andern drei Zellen hinschwinden. Solche Carpogonäste, die unbefruchtet geblieben sind, findet man beim Absuchen der Sprosse in allen Stadien. Man beobachtet häufig Carpogonäste mit drei, mit zwei Zellen sowie mit einer Zelle. Wenn auch diese verschwunden ist, deutet nur noch eine kurze Zeit die am Markfaden ansitzende, stärker als die Nachbarzellen tingirte Wandzelle an, dass sie einen Carpogonast getragen hat.[1]

Erfolgt die Befruchtung des Carpogonastes, was in der Weise geschieht, dass die Spermatien sich an der Trichogynspitze festsetzen und nach Resorption der trennenden Membran mit dem Trichogyn

1) Die Abbildung, welche Janczewski (l. c. Fig. 9 p. 134) von dem Carpogonast gibt, ist ganz genau. Auch das ist aus ihr zu ersehen, dass die Tragzelle an einer Markfadenzelle angeheftet ist. Janczewski bezeichnet die letzten drei Zellen des Carpogonastes als zusammengehöriges Organ (Trichophor); der Umstand aber, dass bei ausgebliebener Befruchtung vier Zellen zu Grunde gehen, während die fünfte erhalten bleibt, hätte ihn eigentlich darauf hinweisen müssen, dass diese vier als zusammengehörig betrachtet werden müssen.

copuliren, so wird das Trichogyn vom Carpogonium abgegliedert. An der Stelle, wo das Trichogyn in das halsartig verengerte Carpogonium übergeht, wird die Membran immer dicker, verengert das Lumen und schliesst es zuletzt vollständig. Das so von der befruchteten Eizelle abgelöste (Fig. 2) und durch einen mehr oder weniger breiten Membranpfropf getrennte Trichogyn geht dann allmählich zu Grunde, während sich die befruchtete Eizelle weiter entwickelt.

b) Die Auxiliarzellen.

Fast gleichzeitig mit der Ausbildung des Carpogonastes geht die Ausbildung von Auxiliarzellen vor sich. Es schneiden gewöhnlich zwei Nachbarzellen der Tragzelle des Carpogonastes je eine Zelle nach aussen hin so ab, dass der Carpogonast in der Mitte zwischen diesen beiden Zellen liegt (Fig. 5). Es unterscheiden sich in diesem Stadium die beiden Zellen nur durch ihr grösseres Volumen von den übrigen Rindenzellen. Die Mutterzellen dieser beiden sind gewöhnliche, grosse Thalluszellen, die sich durch nichts vor den übrigen auszeichnen. Mitunter sind beide, zuweilen ist auch nur eine von ihnen mit der Tragzelle des Carpogonastes vertüpfelt. Nie aber wurde beobachtet, dass es Tochterzellen der Markfadenzellen waren, sondern es sind stets Wandzellen zweiter Ordnung.

Eine der von diesen beiden Zellen abgegliederten Zellen wird nun zur Auxiliarzelle[1]) ausgebildet. Obwohl beide zu diesem Zwecke ganz gleich geeignet erscheinen, so wird doch nur eine von ihnen dazu benützt; gleich nach der Befruchtung des Carpogoniums, zur Zeit, da das Trichogyn noch kenntlich ist, füllt sie und auch ihre Tragzelle sich sehr reich mit Inhalt an, während die beiden anderen ihnen anfangs gleichwerthigen Zellen das unveränderte Aussehen der übrigen Thalluszellen behalten.

In den weitaus meisten Fällen ist die inhaltreiche Auxiliarzelle dann so gelegen, dass die befruchtete Eizelle auf sie zu gerichtet ist. Doch sind auch die Fälle nicht selten, in welchen die befruchtete Eizelle der Auxiliarzelle abgewandt ist; es ist dann die vorletzte Zelle des Carpogonastes der Auxiliarzelle benachbart (Fig. 6).

Zuweilen kommt es auch vor, dass nicht zwei Nachbarzellen der Tragzelle des Carpogonastes Astzellen abgliedern, sondern dass nur eine Thalluszelle nach aussen hin eine Zelle abschneidet, so dass dann auch in der ersten Anlage nur eine einzige Auxiliarzelle vorhanden ist.

1) Vgl. Schmitz, l. c. p. 127.

Nachdem so die Auxiliarzelle ausgebildet worden ist und auch die Reste des Trichogyns verschwunden sind (Fig. 6), beginnen weitergehende Veränderungen, deren Verlauf im Folgenden beschrieben werden soll.

c) Weiterentwickelung des Carpogonastes; Befruchtung der Auxiliarzelle.

Es findet jetzt zunächst Fusion zwischen den vier Carpogonastzellen statt in der Weise, dass zuerst die befruchtete Eizelle mit der vorletzten Carpogonastzelle verschmilzt (Fig. 7). Darauf fusionirt die so entstandene Zelle mit der zweiten Zelle des Carpogonastes (Fig. 8), und schliesslich tritt auch die Anfangszelle desselben in die Fusion ein (Fig. 9). Während diese Fusionen stattfinden, nehmen alle hier in Betracht kommenden Zellen, sowohl die Zellen des fusionirenden Carpogonastes als auch seine Tragzelle an Grösse zu, nicht allein durch die Fusionirungen, sondern auch durch selbständiges Wachsthum.

Nachdem darauf die so enstandene Fusionszelle und auch ihre Trägerzelle sich weiterhin etwas vergrössert haben, findet auch zwischen ihnen Fusion statt; indessen noch lange Zeit nach der Verschmelzung bleiben beide Zellen in der neuen grossen Fusionszelle kenntlich (Fig. 10). Diese Zelle vereinigt also nun in sich ausser dem Inhalt der ursprünglichen Tragzelle des Carpogonastes auch das Plasma des letzteren einschliesslich desjenigen des befruchteten Carpogoniums. Alle diese Zellen waren sehr plasma- und inhaltreich und so erscheint denn auch diese grosse Fusionszelle vollständig angefüllt mit sich intensiv tingirender Substanz. Sämmtliche Zellkerne scheinen dabei zu einem einzigen verschmolzen zu sein, wenigstens ist in diesem Stadium in der ganzen Fusionszelle nur e i n, allerdings sehr grosser Kern vorhanden.

Die Auxiliarzelle ist während dieser geschilderten Vorgänge äusserst substanzreich geblieben und hat überdies auch bedeutend an Grösse zugenommen. Dadurch ist die Auxiliarzelle dem fusionirten Carpogonast näher gekommen. Ausserdem bildet sie zuweilen, jedoch sehr selten, während ihres Wachsthums auch noch einen Copulationsfortsatz aus, der sich dem Carpogonast entgegenstreckt; wird ein solcher Copulationsfortsatz ausgebildet, so ist in diesem Fortsatz auch immer der Kern der Auxiliarzelle zu finden.

Nachdem die Auxiliarzelle, in der sich um diese Zeit ein einziger grosser Kern deutlich markirt, sowie die fusionirten Carpogonastzellen sich soweit vergrössert haben, dass sie sich berühren, zu welchem Zweck sehr häufig die Fusionszelle einen kurzen Fortsatz ausstülpt,

findet auch hier nach Auflösung der trennenden Membranen Fusion statt. Die Inhalte beider Zellen verschmelzen mit einander zu einem einzigen, während die beiden grossen Kerne, der Kern der grossen Carpogonast-Fusionszelle und der Kern der Auxiliarzelle, sich einander nähern und schliesslich sich zu einem vereinigen (Fig. 11, 12).

d) Frucht- und Sporenbildung.

Die erste Anlage der Fruchtwand beginnt schon ziemlich früh. Wenn die Befruchtung des Carpogoniums stattgefunden hat und die Auxiliarzelle eben als solche kenntlich geworden ist, dann gliedern die grossen Thalluswandzellen, welche der Tragzelle des Carpogonastes benachbart und recht inhaltreich geworden sind, wie auch häufig diese Tragzelle selbst, nach aussen hin Zellen ab, die sich ihrerseits wiederum nach aussen zu theilen. Auf diese Weise entstehen subdichotomisch verzweigte Zellfäden, welche mit ihren Spitzen genau über der Auxiliarzelle zusammenstossen, dort aber unvertüpfelt bleiben. Sie bilden die Fruchthülle, welche sich mehr und mehr der Kugelgestalt nähert.

Infolge der Weiterentwickelung der Auxiliarzelle, die ebenso wie auch die fusionirten Zellen des Carpogonastes allmählich grösser geworden ist, wird für diese der Raum innerhalb des ringsum geschlossenen Fruchtgehäuses zu eng. Sie drängen daher die angrenzenden, ihnen benachbarten Zellen der Hülle, deren Inhalt gleichzeitig abstirbt und deren Membran etwas verquillt, immer weiter nach aussen hin. So zeigt denn die Fruchthülle bald auf der Innenseite verquellende und absterbende Zellfäden in ungefähr concentrischen Schichten angelagert.

Nachdem der fusionirte Carpogonast die Befruchtung der Auxiliarzelle ausgeführt hat, fusionirt nun die so veränderte Auxiliarzelle, welche in diesem Stadium meist eine kolbenförmige Gestalt zeigt, auch noch mit ihrer Mutterzelle (Fig. 13, 14). Während dann diese Fusionszelle sich in ihrer äusseren Gestalt ein wenig umformt, oben etwas abrundet und zu einer cylindrischen Zelle wird und unten sich fussartig ausbreitet (Fig. 15 a, b, c), wird gewöhnlich die Fusionszelle zwischen dem früheren Carpogonast und der ehemaligen Auxiliarzelle abgegliedert. Dann werden von der Spitze der grossen Fusionszelle, welche in Zukunft als Centralzelle bezeichnet werden mag, ringsherum Randzellen abgeschnitten, welche sämmtlich mit der Centralzelle vertüpfelt sind. Diese Zellen stellen einzellige Lobi dar.

Aus einem jeden dieser Lobi entsteht darauf eine Spore. Die Sporen haben gewöhnlich mehr oder weniger die Form eines Keiles.

Sowohl die ausgebildeten Sporen als auch die Sporen in jüngerem Zustande sind gewöhnlich sehr reich an Proteïnkrystallen, die in ihnen als Reservestoffe aufgespeichert sind. Auch der fusionirte Carpogonast und die Centralzelle enthalten sehr häufig diese Proteïnkrystalle.

Während die Lobi sich zu Sporen umwandeln, fusionirt die Centralzelle in ihrem unteren Theile mit einigen der in der Sprosswandung liegenden gewöhnlichen Thalluszellen, die ihrem Fusse benachbart sind.

In der ausgebildeten reifen Frucht, die von kugliger Gestalt ist, finden wir daher eine cylindrische bis keulenförmige Centralzelle, die an ihrer Basis wurzelartige Ausstülpungen zeigt und in ihrem mittleren und oberen Theile die Sporen trägt, welche alle mit ihr, nie unter einander vertüpfelt und ungefähr gleich gross sind. Das ganze Büschel der Sporen ist von Gallerte und häufig auch von einigen Schichten der abgestorbenen Fruchtgehäusefäden, welche der äusseren Wand dicht gedrängt anliegen, eng umhüllt.

Von der Fruchtwand ist nur die äusserste Zellenschicht erhalten geblieben. Dadurch, dass auch diese schliesslich und vorzüglich an der Spitze vergallertet, können die Sporen leicht in das umgebende Wasser gelangen; durch die geringste mechanische Einwirkung (Stoss oder Druck) fallen sie von ihrer Mutterpflanze ab.

Das in unserer Fig. 9 dargestellte Stadium entspricht etwa dem von J a n c z e w s k i in seiner Fig. 10 abgebildeten. Denn seine carpogene Zelle ist offenbar unsere Auxiliarzelle. Die darunter liegende Zelle wäre dann die Tragzelle derselben und also nicht — wie J a n c z e w s k i vermuthete — aus der ersten Carpogonastzelle entstanden. Die links gelegene grosse Zelle scheint mir die Tragzelle des Carpogonastes zu sein. Der Schnitt hat wahrscheinlich die Fruchtanlage etwas seitlich der Mitte getroffen; denn der fusionirte Carpogonast ist in der Zeichnung nicht vorhanden, und auch eine Fusion desselben mit der Auxiliarzelle kann noch nicht stattgefunden haben, da hierzu dies Entwickelungsstadium augenscheinlich noch zu jung ist, wie aus der mässigen Fruchtwandbildung geschlossen werden muss. — Von den Zellfusionen, die hier in so ausgiebiger Weise stattfinden, hat J a n c z e w s k i nichts beobachtet. Auch die Fusion zwischen der Auxiliarzelle und ihrer Tragzelle (der carpogenen Zelle und der darunter liegenden) ist ihm entgangen. — Die Entstehung der Sporen beschreibt er gleichfalls nicht ganz richtig. Denn nach ihm theilt sich die „car-

pogene“ Zelle in zwei Zellen bevor die Sporen entstehen, während thatsächlich diese Zelle (in diesem Falle ist es unsere Centralzelle) ungetheilt bleibt. Von dieser Sporenmutterzelle werden dann die Sporen als Randzellen abgeschnitten, während sie Janczewski dadurch entstehen lässt, dass die Sporenmutterzelle sich durch senkrechte Wände in mehrere Zellen theilt, aus welchen dann durch eben solche Theilungen die Sporen entstehen.

2. Chylocladia ovalis.

a.

Auch bei dieser Species werden die Carpogonäste ziemlich früh nahe der fortwachsenden Spitze angelegt. Sie bestehen auch hier aus vier Zellen und ähneln sehr denen von *Chylocladia kaliformis,* wie denn überhaupt die ganze Fruchtentwickelung bei beiden Species ziemlich viel Uebereinstimmendes bietet.

Die Tragzelle des Carpogonastes ist eine der gewöhnlichen Thalluszellen, nur etwas protoplasmareicher als ihre Nachbarinnen und stets einem Markfaden angetüpfelt. Von ihr aus krümmen sich die vier kleinen aber inhaltreichen und stark glänzenden Zellchen im Bogen nach aussen (Fig. 16, 17). Das erste Zellchen des Carpogonastes ist — wie bei der vorbeschriebenen Species — etwas grösser als die andern drei; zuweilen ist der Grössenunterschied ein recht beträchtlicher. Die Anfangszelle besitzt häufig auch eine eigenthümliche, fast nierenförmige Gestalt; sie reckt sich dann mit der einen Hälfte hinaus zwischen die Tragzelle des Carpogonastes einerseits und die beiden Endzellen desselben andrerseits und verhindert dadurch eine Annäherung der Endzelle an die Tragzelle, wie dies bei *Chylocladia kaliformis* häufig der Fall ist.

Das Endzellchen, das Carpogonium, ist gewöhnlich sehr klein; es ist meist die kleinste Zelle des Carpogonastes. Es hat ungefähr die Gestalt der oberen Hälfte eines Eies; es setzt sich in das dünne, haarförmige Trichogyn fort und ist meistentheils an der Uebergangsstelle etwas verengt.

Das Trichogyn, bisweilen am Grunde etwas angeschwollen, erstreckt sich durch die Hüllgallerte der Zweige nach aussen.

Es ist sehr leicht vergänglich und verschwindet mit sammt dem Carpogonium namentlich dann sehr schnell, wenn die Befruchtung ausgeblieben ist; auch die übrigen Zellen des Carpogonastes gehen dann bald zu Grunde, bleiben aber doch etwas länger als das Carpogonium erhalten.

Wenn jedoch durch Vermittelung des Trichogyns das Carpogonium durch Spermatien befruchtet worden ist, wird zwar das Trichogyn an seinem Grunde durch einen Membranpfropf vom Carpogonium abgegliedert und auch in diesem Falle abgeworfen, aber es gelangt dann der Carpogonast zur Weiterentwickelung.

b.

Gleich nach der Anlage des Carpogonastes beginnt auch die Ausbildung der Auxiliarzelle. Auch hier sind, wie bei *Ch. kaliformis,* in der ersten Anlage zwei solcher Auxiliarzellen vorhanden, indem zwei Nachbarzellen der Carpogonast-Tragzelle, die häufig mit ihr, nie aber mit dem Markfaden vertüpfelt sind, je eine Rindenzelle nach aussen so abgliedern, dass diese gewöhnlich eine Lage an beiden Seiten des Carpogonastes einnehmen.

Die eine dieser Zellen wird dann, wenn die Befruchtung des Carpogoniums erfolgt ist, zur Auxiliarzelle ausgebildet, indem sowohl sie als auch ihre Tragzelle reiche Inhaltsstoffe aufspeichern und schneller als die übrigen Thalluszellen an Grösse zunehmen (Fig. 18; die beiden Zellen links stellen die andere Auxiliarzelle und deren Mutterzelle dar und sind sehr arm an Inhalt, wie die übrigen Thalluszellen); die Auxiliarzelle wächst dabei allmählich dem gleichfalls heranwachsenden Carpogonaste entgegen.

c.

Nun beginnen auch hier die Zellen des Carpogonastes langsam mit einander zu fusioniren. Zunächst verschmilzt die befruchtete Eizelle mit der dritten Carpogonastzelle zu einer Zelle, darauf wird die zweite Zelle in die Fusion hineingezogen, und endlich tritt auch der Inhalt der ersten Zelle zur Fusionszelle hinzu, so dass nun der ganze Carpogonast nur aus einer Zelle, dem fusionirten Carpogonast, besteht. Während diese Fusionirungen stattfanden, erfolgte auch zu gleicher Zeit ein Wachsthum der betreffenden Zellen (Fig. 19).

Nachdem nun auch noch der fusionirte Carpogonast und seine Tragzelle an Grösse etwas zugenommen haben, fusioniren auch sie mit einander (Fig. 20); indessen bleiben häufig beide Zellen noch sehr lange Zeit als vorher gesonderte Zellen kenntlich.

Der befruchtete Carpogonast mit sammt seiner Tragzelle besteht also nun aus einer einzigen grossen Zelle, die ausser dem Inhalt des befruchteten Carpogoniums auch den sämmtlicher übriger Zellen des Carpogonastes in sich vereinigt. Sie vergrössert sich noch weiter

und ändert dabei auch häufig ihre Gestalt in ziemlich auffallender Weise. Besonders tritt diese Formänderung dadurch hervor, dass die befruchtete grosse Fusionszelle fast regelmässig der Auxiliarzelle einen Fortsatz[1]) entgegenwachsen lässt.

Während dieser Zeit haben auch die Auxiliarzelle und ihre Tragzelle sich vergrössert, und von der Auxiliarzelle hat sich bisweilen, aber keineswegs regelmässig, dem Carpogonast ein Copulationsfortsatz entgegengestreckt. Wo das aber nicht geschieht, wachsen jedenfalls doch beide Zellen, Auxiliarzelle und die Carpogonast-Fusion, an einander heran, berühren sich und copuliren schliesslich mit einander (Fig. 21, 22), so dass der Inhalt beider Zellen sich mit einander vermischt. Häufig hat inzwischen auch schon die Tragzelle der Auxiliarzelle begonnen, mit einigen ihrer Nachbarzellen aus der Thalluswand zu fusioniren (Fig. 22) und erscheint nun eigenthümlich ausgestülpt.

d.

In einem sehr frühen Stadium, schon vor Beginn der Fusionirung des Carpogonastes, entstehen die ersten Fruchtwandfäden, und in dem Stadium, welches Fig. 18 darstellt, hatte die Bildung der Fruchtwand schon begonnen. Es gliedern die Thalluswandzellen, welche den Tragzellen des Carpogonastes und der Auxiliarzelle benachbart sind und die im Laufe der Weiterentwickelung der Frucht auch inhaltreicher werden, nach aussen hin Rindenzellen ab, welche durch weiter fortgesetzte subdichotomische Theilung Zellfädchen entstehen lassen. Diese Fädchen umhüllen allmählich die fruchtbildenden Zellen und schliessen zuletzt genau über der Auxiliarzelle zusammen; sie bilden ein im Laufe der Weiterentwickelung kuglig werdendes Gehäuse um die Frucht. In dem Maasse wie dann später der fusionirte Carpogonast mit seiner Tragzelle, die Auxiliarzelle und ihre Trägerzelle sich vergrössern, werden dann im Innern des Fruchtgehäuses die Zellen der Fäden zum Theil zerrissen, zum grösseren Theil bei Seite gedrängt. Ihr Inhalt stirbt dann ab und ihre Membran verquillt; die Reste der Zellen liegen später als ungefähr concentrische Hüllen der äusseren Wandung an.

Recht häufig wurden bei dieser Species im Innern der Fruchthülle Zwillinge beobachtet, welche die Untersuchung sehr erschwerten. Diese Zwillinge gehen aber bald nach der Befruchtung der Auxiliarzelle zu Grunde, es wurden wenigstens nie weiter entwickelte Zwillinge bezw. zwei befruchtete Auxiliarzellen beobachtet.

---

1) Wie dies nach Schmitz, l. c. p. 125, auch in anderen Fällen geschieht.

Nachdem die Auxiliarzelle durch Copulation mit der grossen Fusionszelle des Carpogonastes und seiner Tragzelle befruchtet worden ist, nehmen sowohl sie als auch ihre Trägerzelle noch bedeutend an Umfang zu, während die Carpogonastfusion eine Vergrösserung gewöhnlich nicht mehr erfährt. Die Folge davon ist, dass die Verbindung zwischen der Carpogonastfusion und der Auxiliarzelle wieder durch Abgliederung gelöst wird.

Die befruchtete Auxiliarzelle theilt sich darauf in zwei Zellen, in eine obere, die zur Centralzelle wird, und eine untere. Die letztere fusionirt hierauf mit der Trägerzelle der Auxiliarzelle (Fig. 23), während die Centralzelle sich etwas umformt und bald danach kurz gegabelt bis sattelförmig eingedrückt erscheint. Von dieser Centralzelle werden darauf rings herum Zellen abgeschnitten, welche die einzelligen Lobi darstellen; aus ihnen entstehen dann die Sporen, indem je ein Lobus sich zu einer Spore umgestaltet (Fig. 24).

Diese sind also alle mit der Centralzelle, aber nicht unter einander vertüpfelt. Sie sind — wovon man sich bei vorsichtigem Quetschen des Gonimoblasten[1]) leicht überzeugen kann — in zwei Häufchen gruppirt, deren Mittelpunkte die Gipfel des Sattels sind. Ihre Gestalt ist ungefähr keilförmig.

Wir finden also in der reifen Frucht auf einer mehr oder minder mannigfach gestalteten Stielzelle, welche mit der Wand des Sprosses in directer Verbindung steht, eine gegabelte Zelle, welche Sporen trägt, die alle mit ihr vertüpfelt und ziemlich gleich gross sind. Die Wand der Fruchthülle ist gewöhnlich einschichtig; die Membran der übrigen Zellfäden der Fruchthülle ist vergallertet, die Inhaltsreste liegen in mehr oder weniger concentrischen Schichten der Wand an. Auch diese verquillt im Laufe der Zeit und die Sporen können dann ungehindert frei werden.

3. Champia lumbricalis.

a.

Die Früchte der *Champia lumbricalis* sitzen auf der Innenseite der gekrümmten, in Büscheln zusammenstehenden Zweige. Dort hat man auch die Carpogonäste zu suchen und man findet sie in der Nähe der Spitze; sie sind dreizellig.

---

1) Gonimoblast bedeutet das Büschel sporenbildender Fäden, welches aus der befruchteten Zelle entsteht (vgl. Zerlang l. c. p. 383 Anm. 1). Hier ist der Gonimoblast zweilappig, jeder Lappen ist aus vielen Gonimoloben zusammengesetzt, die in diesem Falle einzellig sind.

Die Tragzelle des Carpogonastes ist eine der grossen Thalluszellen, etwas reicher an Inhalt als ihre Nachbarzellen; auch sie sitzt stets einer Markfadenzelle unmittelbar an und ist mit ihr vertüpfelt, genau wie dies auch bei den beiden vorbeschriebenen Species der Fall war. Während aber die bisher beschriebenen Carpogonäste sich nach ihrer Tragzelle zurückkrümmten, läuft der Carpogonast in diesem Falle entweder ziemlich gerade oder doch nur leicht gebogen durch die Rinde. Die drei Zellen des Carpogonastes kommen dabei nicht bis an die Oberfläche der Rinde, sondern werden von den Zellen der Rindenfäden überwachsen. Die Carpogonastzellen sind hier grösser als die bisher beschriebenen (Fig. 25—28). Dagegen zeichnet sich bei diesen Carpogonästen nicht immer die erste Zelle derselben vor den andern durch bedeutendere Grösse aus.

Das Carpogonium ist im Allgemeinen eiförmig, zeigt aber mitunter recht bedeutende bauchige Anschwellungen. Es geht allmählich in das dünne, haarförmige Trichogyn über. Das Trichogyn läuft gewöhnlich auf möglichst geradem Wege von der Spitze des Carpogoniums durch den Rest der Rinde und die gallertartige Hülle des Sprosses hindurch. Ausserhalb des Grenzhäutchens geht es ziemlich schnell zu Grunde, innerhalb der Kollode hält es sich etwas länger.

Wenn die Befruchtung des Carpogoniums vor sich gegangen ist, wird das Trichogyn an der Stelle, wo es in das Carpogonium einmündet, durch einen Membranpfropf abgegliedert und geht dann zu Grunde (Fig. 28).

b.

Die Auxiliarzelle ist schon zu der Zeit erkennbar, wenn noch die Trichogynen oder doch wenigstens Reste davon vorhanden sind. Eine gewöhnliche Thalluszelle aus derselben Schicht der Wand, in welcher sich die Tragzelle des Carpogonastes befindet, aber nicht an eine Markfadenzelle angetüpfelt, ist reicher an Inhalt geworden als ihre Nachbarzellen und hat nach aussen zu eine Zelle abgegliedert, die gleichfalls viel Substanz in sich aufgenommen hat; diese Zelle ist die Auxiliarzelle. Die Mutterzelle der Auxiliarzelle ist mit verschiedenen ihrer Nachbarzellen und zuweilen auch mit der Tragzelle des Carpogonastes vertüpfelt.

c.

Während die Auxiliarzelle sich allmählich vergrössert, beginnen die drei Zellen des Carpogonastes unter einander zu fusioniren: die

Tüpfel zwischen je zwei Zellen werden breiter (Fig. 29, 30), und nach und nach verschmelzen die drei Zellen zu einer einzigen. Nachdem dann sowohl die Tragzelle des Carpogonastes als auch der mit der befruchteten Eizelle fusionirte Carpogonast etwas an Grösse zugenommen haben, findet schliesslich die Fusion beider Zellen zu einer einzigen statt, wobei der etwas eigenthümlich gestaltete fusionirte ursprüngliche Carpogonast deutlich als gesonderter Abschnitt noch lange Zeit kenntlich ist (Fig. 31). Diese grosse Fusionszelle, welche also auch den ursprünglichen Inhalt der befruchteten Eizelle enthält, wächst nun weiter, vergrössert sich noch mehr und verändert ihre Gestalt namentlich in ihrer oberen, der früheren Carpogonast-Partie, in wunderlicher Weise; dabei wächst sie zugleich der Auxiliarzelle entgegen.

Diese hat inzwischen, zugleich mit ihrer Mutterzelle, an Grösse zugenommen und sich dadurch ihrerseits dem Carpogonast etwas entgegengestreckt. Bei dem weiter fortgesetzten Wachsthum berührt dann schliesslich — nicht selten vermittelst einer Ausstülpung — die grosse Fusionszelle die Auxiliarzelle, und es findet zwischen beiden Copulation statt (Fig. 32), worauf die Inhalte beider Zellen mit einander in Verbindung treten.

d.

Die Anlage des Fruchtgehäuses beginnt schon ziemlich früh. Die Thalluszellen, welche den Tragzellen der Auxiliarzelle und des Carpogonastes benachbart sind, werden sehr inhaltreich und lassen nach aussen hin die lebhaft sprossenden Fruchtwandfäden entstehen. Diese Bildung beginnt zur Zeit der Fusion des Carpogonastes. Die Fädchen wachsen sehr rasch und stossen schnell über der Auxiliarzelle aneinander, schliessen dort aber nicht fest zusammen; die Fruchtwand ist schon zugewölbt in dem Stadium, welches Fig. 30 darstellt, wenn also der Carpogonast zu einer Zelle zusammenfusionirt ist. Im Laufe der weiteren Entwickelung wächst auch das Fruchtgehäuse mit. Es wird sehr dickwandig und lässt, selbst in entwickelten Früchten, in der Mitte bis 10 und mehr, an der Spitze sogar bis 20 Schichten und mehr erkennen. Für die sich vergrössernden befruchteten Zellen im Innern des Gehäuses wird jedoch der Raum, den sie anfangs einnahmen, zu eng und es werden daher die das Innere durchziehenden Zellreihen von ihnen zum Theil zerrissen, zum Theil auch zur Seite gedrängt. Der Inhalt dieser Fruchtgehäusezellen stirbt dann ab und die Membran vergallertet. Das Fruchtgehäuse ist ungefähr stumpf eiförmig; es ist aber nicht vollständig geschlossen sondern besitzt einen Poren-

kanal. Derselbe entsteht dadurch, dass die Fäden der Fruchthülle wohl über der Auxiliarzelle zusammenstossen aber nicht zusammenschliessen, sondern bei ihrem Weiterwachsen einen Kanal zwischen sich lassen.

In dieser Fruchthülle theilt sich nun die mit der Fusionszelle des Carpogonastes fusionirte und dadurch befruchtete Auxiliarzelle, fusionirt jedoch nicht, wie in den vorbeschriebenen Fällen, mit ihrer Tragzelle, sondern bleibt mit dieser nur vertüpfelt. Die Verbindung mit der grossen Fusionszelle reckt sich gewöhnlich lang aus (Fig. 33—35) und bleibt mit dem unteren Theile der Auxiliarzelle vereinigt. Die obere Partie der Auxiliarzelle aber vergrössert sich bedeutend und gliedert mehrere Zellen ab, welche sich ihrerseits wieder und zwar in der gewöhnlichen subdichotomischen Weise theilen. Auf diese Weise entstehen verzweigte Fädchen, welche vom oberen Theil der befruchteten Auxiliarzelle entspringen. Diese verzweigten Fäden bilden die (mehrzelligen) Lobi, welche succedan ausgebildet werden und die Endzellen jedes Zweiges zu Sporen umwandeln. In den Lobi sind also sterile (die fädigen Zweigzellen) und fertile Zellen (die Endzellen der Zweige) neben einander vorhanden. Die Sporen sind rundlich.

In der reifen Frucht, deren Wand vielschichtig ist, finden wir demnach an der Centralzelle, welche aus der Thalluswand hervorgesprosst ist, verzweigte Büschel ansitzend. Diese succedan ausgebildeten Büschel sind zu deutlichen Gruppen angeordnet und tragen an ihren Enden die ungleich grossen Sporen.

Das Innere der Fruchthülle durchziehen die Fruchtwandfäden in spinnennetzartiger Weise, jedoch reichen sie nicht bis dicht an die Sporen heran; ihre Zellen sind zum Theil abgestorben. Die Centralzelle, der fusionirte Carpogonast und die Auxiliarzell-Mutterzelle sitzen am Grunde des Fruchtgehäuses in der Sprosswand und sind sowohl unter sich als auch mit verschiedenen inhaltsreichen Nachbarthalluszellen oft und breit vertüpfelt. — Durch den schleimigen Porenkanal gelangen die reifen Sporen ins Freie.

4. Champia parvula.

a.

Der schon dicht unter der Spitze angelegte Carpogonast besteht auch bei *Champia parvula* wie bei *Ch. lumbricalis* aus drei Zellchen, von denen die Endzelle das auch hier sehr vergängliche Trichogyn trägt.

Die Tragzelle liegt in der Thalluswandung und ist eine der gewöhnlichen Wandzellen, nur sehr substanzreich. Sie ist stets einer

Markfadenzelle ansitzend und trägt den Carpogonast auf ihrer Aussenseite. Der Carpogonast verläuft meist etwas gekrümmt und zwar rückläufig nach seiner Tragzelle hin. Die Krümmung ist nicht sehr bedeutend, indessen hat sie immerhin die Wirkung, dass das Endzellchen der Tragzelle des Astes wenn auch nicht genähert, so doch wenigstens zugewandt ist. Die Zellchen des Carpogonastes sind sehr klein; die grösste von ihnen ist die Anfangszelle des Astes (Fig. 36).

Das Carpogonium, das Endzellchen des Carpogonastes, ist meist etwas bauchig angeschwollen und setzt sich mittelst einer halsartigen Verengerung in das Trichogyn fort; letzteres ragt haarförmig durch die äussere Hüllgallerte hindurch in das umgebende Wasser hinein. Beide, das Trichogyn und das Carpogonium sind sehr schnell vergänglich; das Carpogonium allerdings nur dann, wenn keine Befruchtung stattgefunden hat. Das Trichogyn aber geht auch nach erfolgter Befruchtung schnell zu Grunde, nachdem es durch einen Membranpfropf an seiner halsartigen Verengerung vom Carpogonium abgegliedert ist.

b.

Die Auxiliarzelle wird schon sehr früh als solche kenntlich, schon dann, wenn an der befruchteten Eizelle noch das Trichogyn oder doch wenigstens seine mehr oder weniger bedeutenden Reste vorhanden sind; in dem jungen Stadium, welches unsere Figur 36 darstellt, ist die Auxiliarzelle schon vollständig ausgebildet. Eine Nachbarzelle der Carpogonast-Trägerzelle, häufig mit dieser (indessen nicht regelmässig) vertüpfelt, aber nie von einer Markfadenzelle abgegliedert, hat sich reichlich mit Inhalt angefüllt und nach aussen zu eine Zelle abgeschnitten; diese wird gleichfalls sehr inhaltreich und stellt die Auxiliarzelle dar. In den beobachteten Fällen hatte stets nur eine Thalluswandzelle eine Randzelle abgeschnitten, nie war diese Ausbildung an zwei Nachbarzellen der Carpogonast-Tragzelle zu constatiren. Es ist hier also auch in der ersten Anlage nur eine Auxiliarzelle vorhanden.

c.

Während nun diese Auxiliarzelle an Grösse zunimmt, vergrössern sich auch die Zellen des Carpogonastes und beginnen auch hier mit einander zu fusioniren; zunächst das befruchtete Carpogonium mit seiner Mutterzelle (Fig. 37) und darauf die so entstandene Fusionszelle mit der ersten Zelle des Carpogonastes (Fig. 38). Der an der Trägerzelle angeheftete und nun aus der einen Fusionszelle bestehende Car-

pogonast bleibt in diesem Stadium einige Zeit erhalten, doch nehmen unterdessen beide Zellen beträchtlich an Grösse zu. Darauf findet dann schliesslich auch die Fusion zwischen der Tragzelle und dem fusionirten befruchteten Carpogonast statt, und beide Zellen vereinigen sich zu einer einzigen (Fig. 39).

Diese befruchtete Fusionszelle vergrössert sich nun weiter, wobei die Zelle zuweilen ganz wunderliche und verzerrte Gestalten annimmt (Fig. 40—42). Während nun diese grosse Fusionszelle weiter an Grösse zunimmt, wächst sie nach der Auxiliarzelle hin. Dabei streckt sie ihr sehr häufig einen — meist hakig gebogenen — Fortsatz entgegen (Fig. 40, 41), in welchem um diese Zeit der einzige Zellkern der grossen Fusionszelle deutlich hervortritt. Auch an der Auxiliarzelle bildet sich zuweilen ein kleiner Fortsatz aus, welcher gleichfalls etwas gekrümmt ist und seinerseits der grossen Fusionszelle entgegenwächst (Fig. 41). Schliesslich berühren sich dieser Fortsatz und die Spitze der grossen Fusionszelle, beide wachsen fest zusammen, und es findet dann nach Auflösung der trennenden Membranen zwischen den beiden Zellen die Copulation und somit die Befruchtung der Auxiliarzelle statt.

d.

Mit Beginn der Fusionirung des Carpogonastes beginnt auch die Anlage der Fruchtwand, indem — wie bei den vorbeschriebenen Species — die Nachbarzellen der beiden Trägerzellen zunächst inhaltreicher werden und dann nach aussen zu Zellen abgliedern (Fig. 37), die sich ihrerseits wieder theilen und verzweigen, wodurch schliesslich Zellfädchen entstehen, deren Enden unvertüpfelt sich über der Mitte der Auxiliarzellen einander nähern.

Die Mutterzellen dieser Fruchtwandfäden umgeben — wie das auch schon bei der vorbeschriebenen Species der Fall war — die Tragzelle des Carpogonastes ungefähr kranzförmig. Bei dem weiteren Wachsthum und der vermehrten Verzweigung der Zellfäden des Fruchtgehäuses kommt dann über der Mitte der Auxiliarzelle ein Porus dadurch zu Stande, dass die Zellen der Fruchtwandfäden, die dort zusammenstossen, sich nicht mit einander vertüpfeln.

Infolge des Grösserwerdens der fruchtbildenden Zellen werden dann die Zellfäden in der Mitte des Fruchtgehäuses in dem Maasse, wie es die Weiterentwickelung des Gonimoblasten bedingt, zur Seite gedrängt. Es findet mitunter auch wohl ein Zerreissen der Fruchtgehäusefäden statt, aber im Allgemeinen ist das nicht die Regel. Wenn die Fäden zur Seite gedrängt werden, sterben ihre Zellen gewöhnlich

ab und die Membranen vergallerten. Diese abgestorbenen Zellfäden durchziehen in ziemlich concentrischen Schichten netzförmig das Innere des Gehäuses.

Nach der Befruchtung theilt sich in der Fruchthülle die Auxiliarzelle in zwei Zellen, von denen die untere mit dem fusionirten Carpogonast fusionirt bleibt und mit ihrer Tragzelle vertüpfelt ist (Fig. 43, 44), während die obere die Centralzelle darstellt. Aus der Centralzelle entstehen die Lobi, welche sehr dicht zusammenschliessen. Sie werden zwar succedan ausgebildet, doch sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Entwickelungszuständen ebenso wie auch bei der vorigen Species keine sehr crassen. An den subdichotomisch verzweigten Fäden, aus welchen die einzelnen Lobi entstehen, wird nicht nur die Endzelle jedes Zweigfadens zur Spore, sondern es wandeln sich mehrere der letzten Zellen jedes Zweiges zu Sporen um. Alle ausgebildeten Sporen sind ungefähr von derselben ziemlich bedeutenden Grösse; sie sind grösser als bei der vorigen Species. Sie treten ins Freie durch den Porenkanal, welcher in der ausgebildeten flaschenförmigen Frucht den Hals derselben durchzieht.

In der ausgebildeten, flaschenförmigen, mehrschichtigen Frucht finden wir daher eine Centralzelle, welche durch Vermittelung einiger mit ihr vertüpfelter Zellen mit dem Grunde der Fruchthülle also der Thalluswand in Verbindung steht. Die Centralzelle trägt einige Sporenbüschel, welche ungleich weit ausgebildet sind. Das Innere des Fruchtgehäuses erfüllt ein feines netzartiges Geflecht von zu Grunde gehenden Zellen, welches die Lobi umhüllt. Ausser diesen Zellen, die ungefähr parallel der Wand sich hinziehen, enthält die Wand auch noch mehrere Schichten gut erhaltener Zellen.

Durch den Porenkanal, welcher den flaschenförmigen Hals durchzieht, gelangen die Sporen ins Freie.

5. Lomentaria articulata.

a.

Da die äusserste Rindenschicht bei *Lomentaria articulata* so ausserordentlich dicht und kleinzellig ist, so ist es recht schwierig, die jungen Carpogonäste aufzufinden. Am schnellsten bemerkt man sie wohl, wenn man den Spross am Rande nach etwa herausragenden Trichogynen absucht. Die Carpogonäste befinden sich dicht unterhalb der fortwachsenden Spitze des Sprosses und sind dreizellig.

Die Tragzelle ist inhaltreicher als die Nachbar-Thalluszellen und häufig auch etwas kleiner als diese. Sie sitzt stets einem Markfaden an.

An ihrer Aussenseite trägt sie den dreizelligen Carpogonast, der in den meisten Fällen ohne bedeutende Krümmung zwischen den übrigen Rindenzellen lagert. Gewöhnlich wird er von den Rindenzellen vollständig umhüllt, so dass nur das Trichogyn aus der Rinde herausragt. Die Carpogonastzellen sind hier sehr klein, bedeutend viel kleiner als bei den bisher beschriebenen Species (Fig. 46). Die erste Zelle zeichnet sich hier nicht durch besondere Grösse vor den anderen aus.

Das letzte Zellchen, das Carpogonium, ist ungefähr eiförmig aber am Grunde etwas bauchig angeschwollen und an der Spitze etwas verengert. Mit dieser Verengerung setzt es sich in das lange und sehr dünne Trichogyn fort. Das Trichogyn ist gewöhnlich gerade und bohrt sich durch die derbe Grenzhaut nach aussen. Wie überall, so schwindet es auch hier bald, und schnell folgt ihm das Carpogonium mit den übrigen Zellen, wenn eine Befruchtung nicht eingetreten ist. Ist dieselbe jedoch erfolgt, so wird das Trichogyn von der befruchteten Eizelle abgegliedert und geht zu Grunde, während sich die drei Zellen weiter entwickeln.

b.

Die Auxiliarzelle wird ausgebildet, nachdem das Carpogonium befruchtet worden ist. Dann wird eine Zelle aus der Nachbarschaft der Tragzelle des Carpogonastes reich mit Substanz angefüllt und gliedert nach aussen hin eine Zelle ab, welche auch sehr protoplasmareich wird und die Auxiliarzelle darstellt. Es wurde hier stets nur eine einzige Auxiliarzelle beobachtet. Zwei Auxiliarzell-Mutterzellen scheinen überhaupt nicht — selbst nicht im frühesten Stadium — ausgebildet zu werden.

c.

Während die Auxiliarzelle ausgebildet worden ist, haben die Zellchen des Carpogonastes sich zunächst etwas vergrössert und darauf begonnen zu fusioniren; dabei hat sich allmählich und schrittweise der dreizellige befruchtete Carpogonast in einen einzelligen umgewandelt (Fig. 47). Die Fusionszelle, in welcher also die befruchtete Eizelle vorhanden ist, kommt an Grösse ungefähr der Auxiliarzelle gleich, und der Carpogonapparat besteht nun (wie auch der Auxiliarapparat) aus zwei Zellen: der Tragzelle und der Fusionszelle, zwischen denen eine weitere Fusion nicht mehr stattfindet.

Im Laufe der Weiterentwickelung dieser vier Zellen nehmen sie natürlich an Grösse zu; dabei zeichnen sich besonders die Fusionszelle und die Auxiliarzell-Mutterzelle aus (Fig. 48—52). Während sich aber

letztere darauf beschränkt, lediglich ihr Volumen zu vergrössern, verändert die Fusionszelle auch ihre Form und nimmt mitunter eigenthümliche Gestalten an (Fig. 50—51). Dabei nähert sich auch allmählich die Fusionszelle der Auxiliarzelle (Fig. 53) und benutzt zur Erreichung dieses Zweckes sehr häufig die Ausstülpung eines Fortsatzes (Fig. 48, 49).

Im Verlaufe des weiteren Wachsthums berührt der Fortsatz dann schliesslich die Auxiliarzelle (Fig. 54), darauf fusioniren beide Zellen mit einander (Fig. 55), und es tritt der Inhalt des befruchteten fusionirten Carpogonastes zu dem Inhalt der Auxiliarzelle. Aus den ursprünglichen sechs Zellen (die drei Carpogonastzellen, ihre Tragzelle, die Auxiliarzelle und deren Mutterzelle) sind also nun drei Zellen — die beiden Tragzellen und die grosse Fusionszelle — geworden.

d.

Die Fruchtwandbildung beginnt hier ziemlich spät, was durch die schon vorhandene dichte Berindung der Sprosse, welche den jungen Fruchtanlagen den nöthigen Schutz gegen zu grelle Beleuchtung und sonstige äussere Einwirkungen gewährt, wohl erklärt werden kann. Nach der Fusionirung des Carpogonastes ist hier noch nichts von vermehrter Rindenbildung zu bemerken, während in den vorbeschriebenen Fällen schon vor Beginn der Fusionirung des Carpogonastes die Anlage des Fruchtgehäuses beginnt. Ist aber die Bildung der Fruchtwand erst eingeleitet — während des Wachsthums des fusionirten Carpogonastes —, so schreitet sie schnell fort und ist gewöhnlich schon beendet, ehe die Auxiliarzelle und der fusionirte Carpogonast mit einander fusioniren. Es betheiligen sich an der Fruchthüllenbildung die inhaltreich gewordenen Nachbarzellen der Tragzellen in ziemlich beträchtlichem Umkreise. Von diesen aus schmiegen sich kurze, subdichotomisch verzweigte Zellfäden um Auxiliarzelle und Carpogonast und stossen gerade über der Auxiliarzelle unvertüpfelt zusammen. Sie bilden im Verlauf des weiteren Wachsthums später eine flaschenförmige Frucht aus, deren Hals von einem Porenkanal durchsetzt ist.

Wird bei der Weiterentwickelung der befruchteten Auxiliarzell-Fusionszelle dieser der Raum zwischen den umhüllenden Fäden des Fruchtgehäuses zu eng, so werden diese inneren Fäden zunächst in dem Maasse wie Platz geschaffen werden muss, später aber in sehr viel ausgedehnterem Maasse von den heranwachsenden Zellen zerrissen. Die Zellen der zerrissenen Fäden sterben dann ab und ihre Membranen verquellen.

Nach der Copulation der Auxiliarzelle mit dem fusionirten Carpogonast theilt sie sich in zwei Zellen, von denen die eine, die untere, mit der Tragzelle und dem fusionirten Carpogonast in Verbindung bleibt (Fig. 56), während die obere zur Centralzelle wird. Die untere Zelle ist dabei zuweilen so fest an die obere, die Centralzelle, gedrängt, dass die beiden Theile der früheren Auxiliarzelle mitunter nur schwer als zwei selbständige Zellen kenntlich sind.

Von der Centralzelle, die sich durch Wachsthum noch vergrössert, werden ringsherum Zellen abgeschnitten, welche zu verzweigten Fäden auswachsen. Diese verzweigten Fäden sind die Lobi. Aus jeder Astzelle der Centralzelle entsteht einer. Die Lobi werden succedan ausgebildet, die Sporen sind demnach ungleich gross und alt (Fig. 57). Nicht alle Zellen der Lobi sind fertil, aber die grössere Mehrzahl derselben; die Zahl der sterilen Zellen ist viel geringer als bei der vorigen Species. Zur Spore wandelt sich nicht nur die Endzelle jedes Zweiges um, sondern es werden schon einige Zellen vor der Endzelle fertil und bilden kurze Reihen von unter einander vertüpfelten Sporen.

In der reifen flaschenförmigen Fruchthülle, deren Wand einige gut erhaltene Zellschichten, deren innere Partie eine spinnennetzförmige Struktur zeigt, sitzen daher also die verzweigten ungleich alten Sporenbüschel mit den ungleich grossen Sporen an einem dicken Stiel, der Centralzelle, welche aus der Wand des Sprosses ihren Ursprung nimmt. Die netzartigen Fäden der Fruchthülle gehen nicht bis dicht an die Sporen heran.

Gewöhnlich sind immer zwei Früchte am Spross einander gegenüber gelegen.

Nicht selten fanden sich auch Früchte mit zwei Hälsen; jedoch enthielten diese stets nur einen Gonimoblast. Solche zweihalsige Fruchtgehäuse entstehen wahrscheinlich dadurch, dass zwei dicht neben einander gelegene Carpogonäste befruchtet werden und sich auch noch eine Zeit lang weiter entwickeln. So stellt Fig. 51 zwei solcher befurchteten und auch fusionirten Carpogonäste dar. Zu einer weiteren Entwickelung scheint es dann aber nicht mehr zu kommen, da, wie schon bemerkt, auch in zweihalsigen Früchten stets nur ein Gonimoblast beobachtet wurde.

6. Lomentaria clavellosa.

a.

Die weiblichen Zellen entstehen gewöhnlich schon sehr frühzeitig unterhalb der fortwachsenden Spitze. Die Tragzelle des Carpogonastes

ist stets eine Tochterzelle eines Markfadens: sie sitzt immer einer Markfadenzelle, bisweilen auch einer Zweigzelle des Markfadens an (Fig. 63). Diese Tragzelle ist sehr inhaltreich und häufig an Grösse etwas geringer als die sie umgebenden Thalluszellen; daher scheint sie dann auch etwas tiefer zu liegen als die übrigen Wandzellen.

Der Carpogonast selbst besteht regelmässig aus drei Zellen und sitzt der Trägerzelle auf ihrer Aussenseite an (Fig. 61, 62). Er wächst, häufig etwas gekrümmt, nach aussen, doch so, dass das Carpogonium, die Endzelle, nicht über die übrigen Thalluszellen hinausragt (Fig. 62). Die drei Zellen des Carpogonastes sind ziemlich klein; sie erreichen nicht die Grösse der Tragzellen der Haare. Gewöhnlich ist die erste Zelle des Aestchens auch die grösste. Auch sie sind sehr reich an Inhalt und stark glänzend.

Die weibliche Sexualzelle ist häufig mehr oder weniger länglich nierenförmig gebogen. Sie setzt sich nach aussen zu in das lange, dünne, ziemlich gerade Trichogyn fort; der Uebergang des Carpogoniums in das Trichogyn ist meist etwas eingeengt.

Das Trichogyn, welches zuweilen am Grunde eine bauchige Anschwellung zeigt, reckt sich, wie die Haare durch die gallertartige Hülle der Sprosse nach aussen. Es ist sehr vergänglich, und auch das Carpogonium geht, wenn es nicht befruchtet wird, sehr bald zu Grunde; die übrigen beiden Zellen bleiben noch etwas länger erhalten, folgen ihnen dann aber auch nach.

Auch bei den befruchteten Carpogonästen verschwindet das Trichogyn sehr bald, nachdem es vom Carpogonium abgegliedert worden ist.

b.

Wenn die Befruchtung des Carpogoniums erfolgt ist, wird sehr schnell eine Auxiliarzelle ausgebildet. Eine Nachbarin der Trägerzelle des Carpogonastes, mit dieser bisweilen vertüpfelt, nimmt an Grösse etwas zu, wird sehr reich an Inhaltsstoffen und gliedert nach aussen hin eine Zelle ab. Diese Zelle ist gleichfalls sehr inhaltreich und übertrifft an Grösse bei weitem die übrigen Rindenzellen letzter Ordnung in ihrer Nähe; es ist die Auxiliarzelle.

c.

Nach der Befruchtung des Carpogoniums, dem Abwerfen des Trichogyns und nach der Ausbildung der Auxiliarzelle beginnt die Fusion der Carpogonastzellen. Die befruchtete Eizelle, die sich ebenso wie auch die anderen beiden Zellen inzwischen etwas vergrössert hat,

verschmilzt mit der vorletzten Zelle des Carpogonastes zu einer einzigen (Fig. 63), und hierauf vereinigt sich auch mit dieser Fusionszelle die erste Zelle des Carpogonastes (Fig. 64). Die so entstandene Fusionszelle ist an Grösse ungefähr der Auxiliarzelle gleich. Eine weitere Fusion mit der Tragzelle findet auch bei dieser Species nicht mehr statt.

Sowohl diese beiden Zellen, der befruchtete fusionirte Carpogonast und seine Tragzelle, als auch die Auxiliarzelle und ihre Mutterzelle nehmen nun im Laufe der Weiterentwickelung an Grösse zu, und besonders ist es die Auxiliarzell-Mutterzelle, welche schnell wächst und gewöhnlich durch Bildung von Ausstülpungen eine auffallende und meist unregelmässige Gestalt annimmt. Mitunter (aber nur selten) bildet während ihres Wachsthums die Auxiliarzelle einen mehr oder weniger deutlichen kleinen schnabelförmigen Fortsatz aus, welcher sich dem befruchteten fusionirten Carpogonast entgegenstreckt.

Letztere Zelle wächst im weiteren Verlaufe ihrer Entwickelung auf die Auxiliarzelle los und krümmt sich dabei haken- bis S-förmig um. Immer, oder doch fast regelmässig, stülpt sie dabei einen Fortsatz aus, welcher der Auxiliarzelle zustrebt.

Wenn dieser Fortsatz der gekrümmten Zelle (Fig. 65, 66) die Auxiliarzelle beinahe erreicht hat, gliedert sich an seiner Spitze eine kleine Zelle ab (Fig. 68, 69). In dieser kleinen Zelle ist gewöhnlich, wie auch in der Auxiliarzelle, der Kern sehr deutlich sichtbar. Diese von der befruchteten Eizelle abgeschnittene Zelle wird der Auxiliarzelle immer mehr und mehr genähert, bis sie dieselbe fest berührt und mit ihr nach Resorption der trennenden Membranen fusionirt, so dass beider Zellen Inhalt zu einem einzigen vollständig verschmilzt (Fig. 70). Anfangs sind dann in der nun befruchteten Auxiliarzelle noch beide Kerne sichtbar, später aber findet sich nur noch ein einziger vor (Fig. 71, 72).

Die Auxiliarzell-Mutterzelle und die Carpogonast-Trägerzelle tragen also nun beide je eine Fusionszelle.

d.

Sofort nach der Befruchtung des Carpogoniums beginnt auch die Ausbildung der Fruchthülle, an der sich die Zellen der Thalluswand, welche die beiden Tragzellen umgeben, betheiligen. Auch diese Zellen sind inhaltreich geworden und lassen Zellfädchen entstehen, welche sich verzweigend mit ihren Spitzen genau über der Auxiliarzelle ohne sich zu vertüpfeln zusammenschliessen; auch von den beiden Tragzellen nehmen zuweilen einzelne Fruchthüllfäden ihr Entstehen (Fig. 67, 75, 76). Mit dem Wachsthum der fruchtbildenden Zellen, des Gonimoblasten,

schreitet auch die Entwickelung der Fruchthülle allmählich fort. Im Innern des Fruchtgehäuses aber werden, wenn der wachsenden Auxiliarzelle und dem fusionirten Carpogonast der Raum zu eng wird, die das Wachsthum beengenden Fäden mitten durchgerissen. Dies Zerreissen beginnt ungefähr um die Zeit, wo der fusionirte Carpogonast an die Auxiliarzelle, um mit ihr zu copuliren, heranwächst. Mit weiter fortschreitender Entwickelung der befruchteten Auxiliarzelle wird dann der Riss grösser und bei der ausgewachsenen flaschenförmigen Fruchthülle durchzieht er das ganze Innere derselben als ziemlich breite Spalte. Einzelne der durchgerissen Zellfäden sterben dabei ab, während die Membran vergallertet.

In dieser Hülle theilt sich die Auxiliarzelle nach ihrer Befruchtung zunächst in zwei Zellen, von denen die eine, die untere, mit der Tragzelle der Auxiliarzelle und dem fusionirten Carpogonast vertüpfelt bleibt. Die andere, obere Zelle ist die Centralzelle. Dieselbe schneidet darauf Randzellen ab (Fig. 74—77), aus welchen die succedan ausgebildeten Lobi entstehen, während die Centralzelle an Grösse zunimmt. Die Zellen der verzweigten Fäden, welche den Lobus zusammensetzen, sind zum grössten Theil fertil, nur sehr wenige Astzellen bleiben steril; es werden auch hier nicht nur die Endzellen der Verzweigungen allein, sondern eine kurze Reihe derselben zu unter einander vertüpfelten Sporen.

Die Sporen selbst sind rundlich.

In dem flaschenförmigen Fruchtgehäuse finden wir daher zur Zeit der Reife an einer in der Thalluswand wurzelnden Centralzelle verschiedene ungleich weit entwickelte verzweigte Sporenbüschel mit ungleich grossen Sporen, welche von einem Netz feiner Fäden an den Seiten ziemlich dicht umhüllt sind; oberhalb ist der Gonimoblast von dieser netzigen Hülle frei.

Die runden Sporen gelangen durch den Halskanal ins Freie.

IV.

Trotz der grossen Aehnlichkeit, welche die Chylocladieen in Bezug auf ihren vegetativen Aufbau auszeichnet, sind doch die drei Gattungen *Chylocladia Thur.*, *Champia Lamour.* und *Lomentaria Lyngb.*, seitdem sie näher untersucht worden sind, fast stets infolge der angeblichen Verschiedenheit ihres Fruchtbaues nicht nur getrennt, sondern auch an ganz verschiedenen Stellen des Systems untergebracht worden.

So stellte Thuret[1]) *Chylocladia* anfangs zu den Chondrieen,

1) Thuret, l. c. p. 36 und 38.

Lomentaria zu den Dumontieen, später[1]) *Lomentaria* und *Champia* zu den Rhodymenieen und die Chylocladieen zwischen Spongiocarpeen und Rhodomeleen, und auch Janczewski[2]) rechtfertigt auf Grund seiner Untersuchungen diese Stellung von *Chylocladia* einerseits und *Lomentaria* andrerseits.

J. Agardh[3]) aber setzte die Gattung *Champia Lamour.* und *Lomentaria Lyngb.* (bei ihm *Chylocladia* genannt) als Familie der Champieen zwischen die Familien der Areschougieen und Rhodymeniaceen die Gattung *Chylocladia Thur.* aber (— bei ihm *Lomentaria Gaill.* genannt —) als Familie der Lomentarieen zwischen die Familien der Spongiocarpeen und Chondrieen.

Hauck[4]) wieder nähert sich einer älteren Eintheilung J. Agardhs[5]); er stellt *Champia parvula* zu *Lomentaria articulata* in die Gattung *Lomentaria Lyngb.*, die bei ihm *Chylocladia Grev.* genannt wird. Diese Gattung reiht er in die Familie der Rhodymeniaceen. Die Gattung *Chylocladia Thur.* bildet bei ihm die Familie der Lomentariaceen und steht (wie bei Agardh) zwischen Spongiocarpeen und Rhodomeleen.

Im Gegensatz zu diesen Autoren hatte Kützing[6]) die drei hier behandelten Gattungen zusammen gelassen. Er stellte die Chondrosipheen mit den Gattungen *Chondrothamnion* und *Chondrosiphon* neben die Familie der Champieen mit den drei Gattungen *Champia Lamour.*, *Lomentaria Kg.* und *Gastroclonium Kg.* Die erstere Familie entspricht hier im Grossen und Ganzen (weiter unten soll hierauf noch eingehender zurückgekommen werden) der Gattung *Lomentaria Lyngb.* Die Gattungen Kützings *Lomentaria Kg.* und *Gastroclonium Kg.* sind etwa der Gattung *Chylocladia Thur.* gleichwerthig und die Gattung *Champia* deckt sich ungefähr mit der hier behandelten Gattung gleichen Namens. Die beiden Familien der Chondrosipheen und Champieen stehen in Kützings System als Ordnung der Coeloblasten zwischen den Familien der Chondrieen und Delesserieen.

Schmitz[7]) dagegen stellt diese Gruppe auf Grund der Uebereinstimmung in der Fruchtentwickelung in die Familie der Rhody-

1) Le Jolis, l. c. p. 18 und 19.

2) Janczewski, l. c. p. 133.

3) J. Agardh, Epicripis p. 290 und 630.

4) F. Hauck, Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora II. (Leipzig 1885) p. 153 und 199.

5) J. Agardh, Species Floridearum.

6) Kützing, Species Algarum p. 859.

7) Schmitz, Systematische Uebersicht der Florideengattungen p. 10.

meniaceen, doch lässt auch er die Gruppe vereinigt und zählt die drei Gattungen *Chylocladia Thur.*, *Champia Lamour.* und *Lomentaria Lyngb.* neben einander auf.

Und in der That sind die Unterschiede im Fruchtbau bei diesen drei Gattungen so gering, dass sie auch aus diesem Grunde nicht getrennt werden dürfen.

Bei allen dreien entwickelt sich aus dem befruchteten Carpogonast, welcher stets einer Markfaden-Tochterzelle seinen Ursprung verdankt, und einer ganz nahe gelegenen Auxiliarzelle nach der Befruchtung derselben (durch Copulation vermittelst eines von der befruchteten Eizelle ausgestreckten Ooblastemfortsatzes) der Gonimoblast. Derselbe ragt aus der Sprosswand in das Innere eines dem Thallus auswärts aufsitzenden Fruchtgehäuses aufrecht hinein und setzt sich aus mehreren Gonimoloben zusammen, deren Zellen fast sämmtlich zu Sporen werden.

Die Carpogonäste werden bei allen drei Gattungen stets nahe der fortwachsenden Spitze angelegt. Ihre Tragzelle ist eine gewöhnliche Thalluszelle, nur reicher an Inhalt als ihre Nachbarinnen und mit einer Markfadenzelle vertüpfelt. Die letzte Zelle der weiblichen Zellreihe, das Carpogonium, trägt stets ein langes Trichogyn, welches durch die Rinde, Gallerte und das Grenzhäutchen nach aussen wächst. Es ist in allen Fällen dünn und sehr vergänglich. Auch das Carpogonium geht, wenn es nicht befruchtet wird, bei allen drei Gattungen sehr schnell zu Grunde; die anderen Carpogonastzellen schwinden dann gleichfalls, aber weniger schnell.

Nach der Befruchtung des Carpogoniums wird in allen Fällen das Trichogyn abgegliedert und bei Seite geworfen.

Bei allen drei Gattungen wird nach der Ausbildung des Carpogonastes und seiner Befruchtung eine Auxiliarzelle ausgebildet. Eine gewöhnliche Thalluszelle, Nachbarin der Carpogonast-Trägerzelle, wird reicher an Inhalt und gliedert nach dem Carpogonast zu eine Zelle ab, welche gleichfalls sehr inhaltreich ist und die Auxiliarzelle darstellt.

Inzwischen, nachdem das Trichogyn zu Grunde gegangen ist, fusioniren die Zellen des Carpogonastes unter einander und stellen schliesslich eine einzige Zelle, eine grosse Fusionszelle, dar.

Diese Fusionszelle copulirt mit der Auxiliarzelle, der sie gewöhnlich einen Copulationsfortsatz entgegensendet. Diese Copulation findet in allen Fällen statt, doch kommen dabei einige Modifikationen vor.

Bei allen drei Gattungen wird in derselben Weise eine Fruchthülle dadurch ausgebildet, dass von den Nachbarzellen der beiden

Tragzellen (und auch von diesen selbst) Zellfädchen entspringen, welche sich verzweigend die kuglige bis flaschenförmige Fruchthülle zusammensetzen. Die Ausbildung im Innern der Hülle variirt bei den verschiedenen Species, da der für die Fruchtzellen nothwendige Raum nicht bei allen Species auf die gleiche Weise hergestellt wird; das Innere ist jedenfalls in jüngeren Stadien stets von mehr oder minder lockeren Fäden durchzogen.

In dem Fruchtgehäuse entsteht dann durch Weiterentwickelung der befruchteten Auxiliarzelle der Gonimoblast, der sich in mehrere Gonimoloben theilt und zahlreiche Sporen trägt.

Von diesem bei allen drei Gattungen gleichen Hergang finden bei den verschiedenen Species einzelne kleine Abweichungen statt.

So werden sowohl bei *Chylocladia kaliformis* als auch bei *Ch. ovalis* stets zwei Auxiliarzellen angelegt; ausgebildet wird allerdings nur eine. Diese beiden Species haben auch einen vierzelligen Carpogonast, während die andern untersuchten Species nur dreizellige Carpogonäste besitzen.

Die Fusion des Carpogonastes tritt in allen Fällen ein; sie erstreckt sich aber nur bei *Chylocladia* und *Champia* auch auf die Trägerzelle.

Die Copulation des befruchteten fusionirten Carpogonastes mit der Auxiliarzelle findet bei *Lomentaria clavellosa* in einer etwas abweichenden Weise statt, insofern hier an der Spitze der Fusionszelle zunächst eine Theilung erfolgt: es wird eine kleine Zelle abgegliedert und erst diese fusionirt mit der Auxiliarzelle. Bei *L. articulata* dagegen findet die Copulation zwischen Auxiliarzelle und fusionirtem Carpogonast direct statt.

Auch bei der Ausbildung des Gonimoblasten machen sich einige Verschiedenheiten bemerkbar. So fusionirt die befruchtete Auxilarzelle vor dem Aussprossen mit ihrer Tragzelle bei *Chylocladia kaliformis;* sie stellt auf diese Weise eine sehr grosse Centralzelle dar. — Bei *Ch. ovalis* theilt sich die Auxiliarzelle in eine obere, die Centralzelle, und eine untere, welche mit der Auxiliarzell-Tragzelle fusionirt. — Bei den übrigen Species tritt wohl eine Theilung der Auxiliarzelle in die Centralzelle und eine untere Zelle ein, aber letztere fusionirt nicht mehr mit ihrer Tragzelle.

Die reife Frucht ist entweder kuglig wie bei *Chylocladia kaliformis* und *Ch. ovalis* und hat dann keinen Porenkanal, oder sie ist eiförmig wie bei *Champia lumbricalis,* oder fast flaschenförmig wie bei *Ch. parvula;* in beiden letzteren Fällen ist der Hals der Frucht von einem Porenkanal durchzogen. Noch mehr kommt die Flaschenform

der Frucht bei *Lomentaria* zum Ausdruck; ein Porenkanal ist auch da vorhanden.

Die Fruchtwand ist bei *Chylocladia* ungefähr einschichtig; die Reste der abgestorbenen Fäden, deren Membranen verschleimt sind, umspinnen in concentrischen Schichten die Lobi.

Mehrere Schichten zeigt die Fruchtwand bei *Champia* und *Lomentaria*. Die Fäden sind zum Theil zerrissen, zum Theil verschleimt; sie reichen bei *Champia parvula* und *Lomentaria clavellosa* bis ziemlich dicht an die Lobi, nicht so bei den beiden anderen Species. —

Die Differenzen in den Einzelheiten der Fruchtbildung sind, wie man sieht, wohl zahlreicher als bei dem anatomischen Bau der vegetativen Sprosse, aber es sind im Grunde genommen doch ziemlich unwesentliche Unterschiede.

Der wichtigste Unterschied ist der, dass die Lobi, welche von der Centralzelle abgeschnitten werden, bei *Chylocladia* einzellig sind, bei *Champia* und *Lomentaria* aber vielzellige verzweigte Fadenbüschel darstellen. Während bei der ersteren Gattung jeder Lobus zu einer einzigen Spore wird, bilden sich bei den beiden anderen Gattungen die Endzellen der verzweigten Fäden zu Sporen aus.

Einigermaassen unterscheidet sich dann *Lomentaria* von *Champia* dadurch, dass die Lobi zwar bei beiden succedan ausgebildet werden, dass ihre Altersunterschiede bei *Lomentaria* indess viel beträchtlicher sind als bei *Champia*.

Die Entwickelungsgeschichte hat aber gezeigt, dass bei allen drei Gattungen die Lobi auf dieselbe Weise entstehen, ob sie ein- oder mehrzellig sind; es ist daher nicht gerechtfertigt, diese drei Gattungen im System von einander zu trennen.

Nun bemerkte schon J. Agardh,[1] dass seine Familie der Champieen (das wären also die Gattungen *Champia Lamour.* und *Lomentaria Lyngb.*) in Bezug auf die Entwickelung des „Kernes" ganz vorzüglich mit der Familie der Rhodymeniaceen übereinstimmt und auch Thuret[2] stellt die Gattungen *Lomentaria* und *Champia* sogar in die Familie der Rhodymeniaceen hinein. Und thatsächlich findet auch die Fruchtentwickelung dieser Gattungen in genau der Weise statt, wie sie für die Familie der Rhodymeniaceen charakteristisch ist. Die Gruppe muss daher in diese Familie eingereiht werden. Die einzelnen Gattungen würde man auf Grund allein der Verschiedenheit der Frucht

---

1) J. Agardh, Morphologia Floridearum p. 227.
2) Bei Le Jolis, l. c. p. 18.

zu unterscheiden haben als *Chylocladia Thur.*, Cystocarpien mit einzelligen Loben und *Champia Lamour.* + *Lomentaria Lyngb.*, Lobi mehrzellig; und mit Berücksichtigung auch der vegetativen Merkmale:

Thallus mit Diaphragmen versehen
- a) Lobi der Cystocarpien einzellig — *Chylocladia*
- b) „ „ „ mehrzellig — *Champia*

Thallus ohne Diaphragmen
- c) Lobi mehrzellig — *Lomentaria*.

Bei dieser Eintheilung ist die Anordnung der Tetrasporen nicht berücksichtigt worden. Die Verschiedenartigkeit der Anordnung ist aber, in Verbindung mit der scheinbaren Verschiedenheit des Baues der Cystocarpe, als Eintheilungsmerkmal von Thuret[1]) benutzt worden. Derselbe stellte für *Lomentaria Lyngb.* als charakteristisch fest, dass die Tetrasporen in kleinen Ausbuchtungen in der Rindenschicht liegen. Da die Tetrasporen von *Champia Lamour.* und *Chylocladia Thur.* über den Thallus zerstreut, ohne bestimmte Anordnung, aber nicht in Einbuchtungen angesammelt sind, so kommt hierdurch noch ein weiteres Merkmal für die Unterscheidung der Gattungen hinzu.

Diese eigenartige Anordnung der Tetrasporen bei *Lomentaria Lyngb.* kann indessen nicht zu der Forderung führen, nun die Gruppe der Chylocladieen zu spalten und den einen Theil aus der Familie der Rhodymeniaceen zu entfernen. Davon könnte schon um so weniger die Rede sein, als dann *Champia Lamour.* mit den zerstreuten Tetrasporangien von *Lomentaria Lyngb.* getrennt werden würde, während sie doch wegen ihres übereinstimmenden Fruchtbaues als zusammengehörig schon seit langer Zeit erkannt sind.

Ueberdies vollzieht sich auch die Ausbildung der Tetrasporen in dieser Gruppe überall in der nämlichen Weise. Es sind stets die grossen Wandzellen des Thallus (z. B. *Lomentaria clavellosa, Champia parvula*) und wo dieser mehrschichtig ist, der innersten Schicht desselben (z. B. *Lomentaria mediterranea, Champia lumbricalis*), welche sich zu Tetrasporangien ausbilden; auch die tetraedrische Anordnung der Tetrasporen ist überall die gleiche. Ferner ist auch die Anordnung der Tetrasporangien in den jüngeren Stadien der Entwickelung, wenigstens in vielen Fällen (z. B. *Lomentaria articulata*), die gleiche regellos zerstreute; die Einbuchtungen entstehen erst später.

Mit Berücksichtigung aller dieser Merkmale ordnen sich die drei Gattungen also folgendermaassen:

---

1) Le Jolis, l. c. p. 131.

Thallus ohne Diaphragmen
Lobi mehrzellig, Tetrasporen in Einbuchtungen — *Lomentaria Lyngb.*
Thallus mit Diaphragmen
Lobi mehrzellig, Tetrasporen zerstreut — *Champia Lamour.*
„ einzellig, „ „ — *Chylocladia Thur.*

Schluss.

Wenden wir diese Eintheilung auf die übrigen hier nicht ausführlich behandelten Species an, so zeigt es sich, dass diese sich der Eintheilung leicht und zwanglos fügen.[1] Es muss dann allerdings zuächst die Gattung Kützings *Chondrosiphon* (Typus *mediterraneus*) wieder eingezogen werden. Sie bietet auch wesentliche Differenzen mit der Gattung *Chondrothamnion Kg.* (Typus *clavellosum*) nicht dar, da sie sich nur durch den soliden Stengel von ihr unterscheidet; immerhin mag sie innerhalb der Gattung *Lomentaria Lyngb.* als besondere Gruppe bestehen bleiben. Von ihr leitet dann der *articulata*-Typus mit stellenweise solidem Spross (von Kützing zu *Lomentaria Kg.* gerechnet) zu dem *clavellosa*-Typus mit ganz hohlem Thallus hinüber. Ganz entfernt werden muss aus der Gattung *Lomentaria Lyngb.* die vierte Gruppe J. Agardhs[2] *Erythrocolon.* Die Species dieser Gruppe gehören zur Gattung *Chrysymenia J. Ag. Dumontia pusilla Mont.* — von Kützing als Species *inquirenda* bezeichnet — ist (nach Vergleich von Original-Material) eine echte *Lomentaria* und zwar vom Typus *clavellosa.*

In der Gattung *Champia Lamour.* lassen sich gleichfalls einige Typen unterscheiden; es steht die *lumbricalis*-Gruppe mit dickwandigen Sprossen und besonders dadurch ausgezeichnet, dass die Fortpflanzungsorgane nur an kurzen gekrümmten Zweigen ausgebildet werden, einer zweiten Gruppe gegenüber, welche dünnwandige Sprosse besitzt und die Früchte nicht an besonderen Zweigen, sondern an den Sprossen gleichmässig ausbildet. Diese *parvula*-Gruppe führt Kützing bei *Lomentaria Kg.* auf. Hierhin gehört auch sein *Gastroclonium affine* (das übrigens vollständig identisch ist mit seiner *Lomentaria affinis*). Die *lumbricalis*-Gruppe zählt auch Kützing zu *Champia Lamour.*

Es sondern sich daher aus Kützings Gattung *Lomentaria* die *articulata*-Gruppe und die *parvula*-Gruppe aus, und nun entspricht sie etwa der *kaliformis*-Gruppe, der hier *Chylocladia Thur.* genannten Gattung. Diese Gruppe zeigt Stamm und Aeste hohl und die Glieder an den

1) Zur Durchführung dieses Vergleiches wurde (aufser der einschlägigen Litteratur) auch noch verschiedenes Herbarium- und Spiritusmaterial anderer Species untersucht.

2) J. Agardh, Epicrisis.

Diaphragmen mehr oder weniger eingeschnürt. Zu dieser Gruppe muss auch *Gastroclonium reflexum Kg.* gezogen werden. Der Typus des zweiten Formkreises, der sich durch soliden Stengel auszeichnet, ist *Chylocladia ovalis;* diese Gruppe stellt Kützing in die Gattung *Gastroclonium Kg.* J. Agardh stellt auch noch als dritten Typus für die Gattung *Chylocladia Thur. Ch. reflexa* auf; die dahin gerechneten Formen sind hohl, die Glieder aber nur wenig eingeschnürt.

Kützings Gattung *Gastroclonium* muss ganz eingezogen werden, da der einzige Grund für die Aufstellung der Gattung, die Solidität des Stengels, den anderen gemeinschaftlichen Uebereinstimmungen gegenüber nicht als hinreichend anerkannt werden kann. Sind aber die zur Chylocladieengruppe gehörigen Species aus der Gattung *Gastroclonium Kg.* fortgenommen, so bleiben nur noch zur Gattung *Chrysymenia J. Ag.* gehörige Species zurück. Diese Gattung gehört zwar auch zur Familie der Rhodymenieen, unterscheidet sich aber — wie auch die ihr sehr nahe verwandte Gattung *Bindera J. Ag.* — im vegetativen Aufbau äusserst scharf dadurch von den hier behandelten Gattungen, dass *Chrysymenia* sowohl als auch *Bindera* keine Markfäden haben.[1])

Sonach ergeben sich innerhalb dieser drei Gattungen noch folgende Sectionen:

Lomentaria *Lyngbye* (= *Chylocladia J. Agardh* excl. sectio IV = *Chondrothamnion Kg.* + *Chondrosiphon Kg.* + *Lomentaria Kg.* partim)

sectio 1. Typus *L. clavellosa*
„ 2. „ *L. articulata*
„ 3. „ *L. mediterranea*

Champia *Lamouroux* (= *Champia J. Agardh* = *Champia Kützing* + *Lomentaria Kg.* partim + *Gastroclonium affine Kg.*)

sectio 1. Typus *Ch. lumbricalis*
„ 2. „ *Ch. parvula*

Chylocladia *Thuret* (= *Lomentaria J. Agardh* = *Lomentaria Kg.* partim + *Gastroclonium Kg.* partim)

sectio 1. Typus *Ch. kaliformis*
„ 2. „ *Ch. ovalis.*

Mit Hilfe dieser Zusammenstellung orientiren wir uns jetzt leicht über die Benennungsweise auch anderer Autoren. Wir übersehen sofort, dass die Gattung *Chylocladia Grev.* bei Hauck die Gattung *Lo-*

---

1) Nach Mittheilungen des Herrn Professor Schmitz.

mentaria Lyngb. ist und ausserdem noch *Champia* sectio 2 (*parvula*-Gruppe) enthält.

Ardissones Gattung *Chylocladia Grev.* umfasst sectio 1 und 3 der Gattung *Lomentaria Lyngb.* (die *clavellosa* und die *mediterranea*-Gruppe); seine Gattung *Lomentaria* ist die *articulata*-Gruppe der Gattung *Lomentaria Lyngb.* zusammen mit der *parvula*-Gruppe der Gattung *Champia Lamour.* Seine Gattung *Gastroclonium* entspricht vollständig der Gattung *Chylocladia Thur.*

Gegenüber der von diesen letzten beiden Autoren beliebten Zusammenziehung einerseits und der von Ardissone vollzogenen Trennung andrerseits drängt sich die Frage auf, ob es überhaupt berechtigt erscheint, die Chylocladieengruppe in mehrere Gattungen zu spalten und wie viele Gattungen dann aufgestellt werden dürfen, zumal da ja besonders auffallende Unterschiede in der Entwickelung weder des Thallus noch der Frucht vorhanden sind.

Hauck lässt sich bei der Vereinigung der Gattung *Lomentaria Lyngb.* mit der *articulata*-Gruppe der Gattung *Champia Lamour.* zu seiner Gattung *Chylocladia Grev.* hauptsächlich durch die Uebereinstimmung in der Fruchtbildung leiten. Ardissone befolgt zwar im Grunde dasselbe Princip, legt aber seinerseits zu viel Werth auf den Unterschied im Thallusbau und kommt daher zur Vereinigung der *clavellosa*- und *mediterranea*-Gruppe einerseits und der *articulata*- und *parvula*-Gruppe andrerseits. Erfolgreich und erspriesslich bei der Aufstellung von Gattungen wird aber nur die gleichwerthige Berücksichtigung beider Momente, der Unterschiede sowohl im Thallusbau als auch in der Fruchtentwickelung, sein.

Bei der Betonung der Differenzen in der Thallusausbildung könnte man wohl dazu kommen, die *articulata*-Gruppe der Gattung *Lomentaria Lyngb.* als besondere Gattung aufzustellen, da die Habitusbilder dieser Gruppe von denen aller übrigen sich bedeutend unterscheiden; dann aber müsste man auch — mit Kützing — die übrigen beiden Sectionen als selbständige Gattungen gelten lassen, und eigentlich wäre die Consequenz eines solchen Verfahrens, sämmtliche oben angeführte Sectionen zu eigenen Gattungen zu machen, wodurch allerdings der Fruchtbau jede Bedeutung als Gattungsmerkmal verlieren würde.

Nun erfolgt aber sowohl bei der *articulata*-Gruppe als auch bei der *mediterranea*- und *clavellosa*-Gruppe der innere Aufbau des Thallus in genau der gleichen Weise, und da ausserdem die Fruchtentwickelung bei allen drei Gruppen die nämliche ist, so dürfen diese drei Gruppen nicht von

einander getrennt werden, trotz der bisweilen sehr auffallenden Habitusunterschiede.

Uebereinstimmend mit der Gattung *Lomentaria Lyngb.* ist in Bezug auf die Entwickelung der Frucht die Gattung *Champia Lamour.* Eine Vereinigung beider Gattungen zu einer einzigen würde sich aber nicht rechtfertigen, da die Unterschiede in der Thallusausbildung doch zu bedeutende sind; dem der Hauptsache nach röhrigen Spross der Gattung *Lomentaria* steht der gliederartig eingeschnürte und in gewissen Abständen mit Scheidewänden versehene *Champia*-Spross gegenüber und nöthigt zwingend zur Aufrechterhaltung der Trennung der Gattung *Lomentaria Lyngb.* von der Gattung *Champia Lamour.*

Es fragt sich nun nur noch, ob diese letztere Gattung als selbstständige aufrecht erhalten werden kann gegenüber der Thatsache, dass sie in ihrem Thallusbau eine so ausserordentliche Aehnlichkeit und Uebereinstimmung mit der Gattung *Chylocladia Thur.* zeigt. Indessen in diesem Falle muss man nun aber auch der Verschiedenheit in der Fruchtausbildung dieselbe Bedeutung beilegen, welche der Verschiedenheit des Thallusbaues eben bei der Trennung von *Champia* und *Lomentaria* zuerkannt wurde.

Im übrigen machen sich auch einige Habitusunterschiede zwischen den Gattungen *Champia* und *Chylocladia* geltend, die, wenn man sie erst einmal als Unterschiede erkannt hat, recht charakteristisch erscheinen; es ist die reichliche Verzweigung bei *Chylocladia* gegenüber der bedeutend ärmeren bei *Champia.* Denn während bei letzterer die Zweige in mehr oder weniger grossem Abstand von einander den Aesten aufsitzen, indem sich zwei bis mehr Glieder zwischen je zwei Verzweigungen befinden, erfolgt die Verzweigung von *Chylocladia* wenigstens bei den Aesten an fast allen Diaphragmen.

Wir sind daher ganz entschieden berechtigt, die Gattung *Champia* aufrecht zu erhalten neben der Gattung *Chylocladia.*

Es führen somit alle diese Ueberlegungen dazu, die Chylocladieengruppe der Rhodymeniaceen in drei Gattungen, *Chylocladia, Champia* und *Lomentaria*, zu theilen.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren mit Ausnahme von Fig. 34 und 35 sind mit dem Zeichenapparat entworfen und dann freihändig ausgeführt. Fig. 34 und 35 sind Freihandzeichnungen.

Die Vergrösserung beträgt in den meisten Fällen 500 : 1; andere Vergrösserungen sind durch beigefügte eingeklammerte Zahlen angegeben.

In allen Fällen bedeutet *m* Markfadenzelle, *t* Tragzelle des Carpogonastes,

c Carpogonium, *am* Tragzelle der Auxiliarzelle, *a* Auxiliarzelle, *e* fusionirter Carpogonast, *f* Fusionszelle, die durch Fusion zwischen dem fusionirten Carpogonast und seiner Tragzelle entstanden ist, *b* befruchtete Auxiliarzelle und *ctr* Centralzelle.

Tafel VII und VIII.

Die meisten Figuren sind beim Lithographiren auf die Hälfte der linearen Grösse der Zeichnung reducirt worden. Die Figuren 15, 35, 56, 58, 60, 78, 79 sind auf ein Drittel, die Figuren 12 bis 14, 20, 23, 30, 41, 42, 44 sind auf ein Viertel der Lineargrösse reducirt; die Figuren 1, 4, 16, 17, 26, 27, 36, 46, 59, 61, 62, 75 sind nicht verkleinert worden.

Fig. 1—15, 78. Chylocladia kaliformis.

Fig. 1. Vierzelliger gekrümmter Carpogonast mit Trichogyn. Seine Tragzelle ist einer Markfadenzelle angeheftet.

Fig. 2. An dem vierzelligen, gekrümmten Carpogonast ist das Trichogyn am Grunde eingeengt und im Schwinden begriffen. Zwei Auxiliarzellen a_1 und a_2 sind zu beiden Seiten des Carpogonastes angelegt.

Fig. 3. Der hakenförmig gekrümmte Carpogonast endet in ein mehrfach gewundenes Trichogyn.

Fig. 4. Der Carpogonast besteht aus fünf Zellen. Das Carpogonium trägt ein geknicktes Trichogyn. Die Tragzelle des Carpogonastes ist nicht direct mit dem Markfaden verbunden, sondern durch Vermittelung ihrer Mutterzelle.

Fig. 5. Das Carpogonium ist zur befruchteten Eizelle geworden und hat das Trichogyn vollständig abgeworfen. Zu beiden Seiten des Carpogonastes sind je eine Auxiliarzelle angelegt; die Mutterzelle der einen am_2 ist eine Tochterzelle der Trägerzelle des Carpogonastes, die mit dem Markfaden vertüpfelt ist.

Fig. 6. Die Zellen des Carpogonastes und seine Tragzelle und die Auxiliarzelle haben sich vergrössert.

Fig. 7. Die Fusion des befruchteten Carpogonastes hat begonnen. Die befruchtete Eizelle ist mit der vorletzten Zelle des Carpogonastes zu einer verschmolzen.

Fig. 8. Die Fusion des befruchteten Carpogonastes hat sich auf die drei Endzellen desselben ausgedehnt; er besteht nunmehr aus nur zwei Zellen.

Fig. 9. Auch die Anfangszelle des Carpogonastes ist in die Fusion eingetreten und der befruchtete Carpogonast stellt jetzt nur eine einzige Zelle *e* dar.

Fig. 10. Zwischen dem fusionirten Carpogonast *e* und seiner Trägerzelle *t* ist gleichfalls Fusion eingetreten. Es lassen sich zwar beide Zellen noch als vorher gesonderte erkennen, doch enthalten sie nur einen Kern. Die grosse Fusionszelle und die Auxiliarzelle strecken sich gegenseitig kurze Fortsätze entgegen.

Fig. 11. Die Fusionszelle *f* ist mit der Auxiliarzelle Copulation eingegangen. Der Kern der Fusionszelle und der Kern der Auxiliarzelle liegen in letzterer nahe bei einander.

Fig. 12. In der befruchteten Auxiliarzelle *b* erscheinen die beiden Zellkerne einander noch näher gerückt.

Fig. 13, 14. Zwischen der befruchteten Auxiliarzelle *b* und ihrer Trägerzelle *am* hat Fusion stattgefunden und diese Fusionszelle bildet sich zur Centralzelle *ctr* aus.

Fig. 15 a, b, c. (65) Verschiedene Centralzellen. *b* und *c* hatten schon Sporen ausgebildet; dieselben sind vor Anfertigung der Zeichnung abgequetscht. *c* zeigt am Fusse die eigenthümlichen wurzelartigen Aussackungen, welche durch Fusion der Centralzelle mit ihren Nachbarzellen in der Thalluswand entstanden sind.

Fig. 16—24. Chylocladia ovalis.

Fig. 16, 17. Vierzellige gekrümmte Carpogonäste an Tochterzellen eines Markfadens ansitzend. Das Carpogonium trägt in beiden Fällen noch das Trichogyn.

Fig. 18. Die Endzelle des gekrümmten Carpogonastes ist befruchtet worden und hat das Trichogyn vollständig abgeworfen. Inzwischen sind auch zwei Auxiliarzellen a_1 und a_2 angelegt, aber nur eine a_1 ist ausgebildet worden; die andere a_2 ist sehr inhaltarm geblieben.

Fig. 19. Die vier Zellen des befruchteten Carpogonastes sind zu einer einzigen zusammenfusionirt.

Fig. 20. Der fusionirte Carpogonast ist die Fusion mit seiner Trägerzelle eingegangen.

Fig. 21. Zwischen der grossen Fusionszelle *f* und der Auxiliarzelle *a* hat Copulation stattgefunden, nachdem die Auxiliarzelle einen Copulationsfortsatz und die grosse Fusionszelle gleichfalls einen Fortsatz ausgestreckt hat. Beide Theile sind durch Quetschen etwas von einander entfernt worden, doch ist der Zusammenhang noch nicht ganz gelöst.

Fig. 22. Zum Zwecke der Copulation mit der Auxiliarzelle hat nur die grosse Fusionszelle einen Fortsatz ausgereckt. Von der befruchteten Auxiliarzelle hat sich die (leicht schattirte) Centralzelle *ctr* schon abgegliedert.

Fig. 23. Der untere Theil der befruchteten Auxiliarzelle ist mit der Auxiliarzell-Mutterzelle fusionirt, mit dem oberen, der Centralzelle vertüpfelt. Die Copulation zwischen der Auxiliarzelle und der grossen Fusionszelle ist wieder abgegliedert.

Fig. 24. (200) Eine junge Frucht im optischen Durchschnitt. Von den Zellen der Thalluswand entspringen verzweigte Zellfädchen, welche die Fruchtwand zusammensetzen. Die Centralzelle hat schon Sporen abgegliedert; sie ist unten mit der unteren Partie der früheren Auxiliarzelle breit vertüpfelt. Diese Partie ist fusionirt mit der Mutterzelle der Auxiliarzelle, welche ihrerseits mit verschiedenen Thalluszellen Fusion eingegangen ist. Die Copulation zwischen der früheren Auxiliarzelle und der grossen Fusionszelle *f*, welche durch Fusion aus dem fusionirten Carpogonast und seiner Tragzelle entstand, ist durch Abgliederung wieder gelöst.

Fig 78. (200) Ein Längsschnitt durch den Thallus an einer Einschnürung zeigt das aus einer Zellschicht bestehende Diaphragma im Querschnitt.

Fig. 25—35. Champia lumbricalis.

Fig. 25. Dreizelliger Carpogonast, dessen Tragzelle *t* an einer Markfadenzelle angeheftet ist. Das Carpogonium trägt ein etwas gebogenes Trichogyn.

Fig. 26. Das Carpogonium des dreizelligen Carpogonastes zeigt eine starke bauchige Anschwellung; es geht in ein gerades Trichogyn über.

Fig. 27. Das Trichogyn ist im Schwinden begriffen.

Fig. 28. Das Carpogonium hat das Trichogyn vollständig abgegliedert; letzteres ist zu Grunde gegangen, doch ist noch die Strecke, in welcher es die Aussenkollode durchlief, als Rinne kenntlich.

Fig. 29. Auch die letzten Reste des Trichogyns sind an der befruchteten Eizelle verschwunden.

Fig. 30. Die Fusion des Carpogonastes ist eingeleitet, aber noch nicht beendigt.

Fig. 31. Der fusionirte Carpogonast ist die Fusion mit seiner Tragzelle eingegangen.

Fig. 32. Die grosse Fusionszelle (Fusion zwischen dem fusionirten Carpogonast und seiner Tragzelle) hat sich wunderlich ausgeformt und copulirt mit der Auxiliarzelle.

Fig. 33—35. Die Verbindung zwischen der grossen Fusionszelle und der befruchteten Auxiliarzelle hat sich lang ausgereckt. Die befruchtete Auxiliarzelle hat nach oben eine Zelle abgegliedert und diese bildet die subdichotomisch verzweigten Sporenbüschel, die Lobi, aus.

Fig. 36—44. Champia parvula.

Fig. 36. Der dreizellige, nur wenig gekrümmte Carpogonast ist ein Zellfaden einer Markfaden-Tochterzelle. Das Carpogonium trägt an der Spitze ein Trichogyn, welches im Begriff ist, zu Grunde zu gehen. Die Auxiliarzelle ist auch schon ausgebildet. Ihre Mutterzelle *am* ist eine Tochterzelle der Tragzelle des Carpogonastes.

Fig. 37. Die befruchtete Eizelle ist mit der vorletzten Zelle des Carpogonastes fusionirt. Die Auxiliarzell-Mutterzelle ist eine Tochterzelle der Tragzelle des Carpogonastes. Aus dem Kranz der Thalluszellen, welche die Carpogonastträgerzelle umgeben, entstehen die Zellfäden, welche später die Fruchthülle bilden.

Fig. 38. Die Fusion des Carpogonastes ist beendet und hat diese Fusionzelle *c* an Grösse bedeutend zugenommen. Die Auxiliarzell-Mutterzelle *am* ist auch hier wieder mit der Carpogonasttragzelle vertüpfelt.

Fig. 39. Der fusionirte Carpogonast ist auch mit seiner Tragzelle Fusion eingegangen.

Fig. 40. Die grosse Fusionszelle *f* streckt der Auxiliarzelle einen hakigen Fortsatz entgegen. In diesem Fortsatz ist der einzige Kern der grossen Fusionszelle sichtbar.

Fig. 41. Die Auxiliarzelle streckt dem hakigen Fortsatz der grossen Fusionszelle *f* gleichfalls einen Fortsatz, den Copulationsfortsatz, entgegen.

Fig. 42. Die grosse Fusionszelle ist an die Auxiliarzelle dicht herangewachsen und berührt sie.

Fig. 43, 44. Die Copulation zwischen der grossen Fusionszelle und der Auxiliarzelle hat stattgefunden und ausserdem hat die befruchtete Auxiliarzelle die Centralzelle abgegliedert.

Fig. 45—57, 79. Lomentaria articulata.

Fig. 45. Eine Seite der Thalluswand im Längsschnitt. Aussen ist der Spross von einer sehr schmalen Aussenkollode, aber von einer dicken Grenzhaut umhüllt.

Fig. 46. Dreizelliger, ziemlich gerade verlaufender Carpogonast, dessen kleines Carpogonium das Trichogyn trägt. Die Tragzelle des Carpogonastes ist eine Tochterzelle der Markfadenzelle.

Fig. 47. Die Fusion der drei Zellen des befruchteten Carpogonastes ist beendet. Neben dem fusionirten Carpogonast ist die Auxiliarzelle ausgebildet.

Fig. 48—52. Der befruchtete fusionirte Carpogonast stülpt einen Fortsatz aus, der später an die Auxiliarzelle heranwächst. Dabei nehmen die fusionirten Carpogonäste *c* eigenthümliche Gestalten an. Fig. 50 ist nach Quetschen des in Fig. 49 dargestellten Stadiums gezeichnet worden.

Fig. 51. An zwei auf einander folgenden Markfadenzellen tragen die Tochterzellen einen Carpogonast. Die Zellen beider Carpogonäste sind nach eingetretener

Befruchtung zu einer einzigen Zelle fusionirt und haben sich eigenthümlich umgeformt.

Fig. 53. Die Carpogonastfusion hat sich der stark gewachsenen Auxiliarzelle bis fast zur Berührung genähert.

Fig. 54. Zwischen der Auxiliarzelle und dem aus der Carpogonastfusion hervorgesprossten Fortsatz ist Berührung erfolgt. Die Tragzelle des fusionirten Carpogonastes ist verschiedentlich Fusion mit ihren Nachbarzellen eingegangen.

Fig. 55. Die Fusion zwischen der Auxiliarzelle und dem fusionirten Carpogonast ist beendet und eine Zelle *b* aus beiden entstanden.

Fig. 56. Die befruchtete Auxiliarzelle hat nach oben hin die Centralzelle *ctr* abgegliedert; die untere Zelle *b* ist mit der Auxiliarzell-Mutterzelle vertüpfelt.

Fig. 57. (45) Die Centralzelle trägt mehrere Lobi. Dieselben sind succedan ausgebildet worden und zeigen demgemäss verschieden grosse Sporen. Die Sporen derselben Grösse sind gleichen Alters und sind immer zu einer Gruppe vereinigt.

Fig. 79. Längsschnitt durch den Spross an einer Einschnürung.

Fig. 58—77. Lomentaria clavellosa β conferta.

Fig. 58. Von den Zellen der Markfäden haben sich gekrümmte Astzellen abgezweigt und tragen an ihrem Ende je eine Drüsenzelle.

Fig. 59. Einer jener Zellfäden, aus denen sich der Thallus aufbaut. Diese Fäden stossen am Scheitel des Sprosses dicht an einander und setzen die fortwachsende Spitze des Thallus zusammen. Die Astzellen verzweigen sich auswärts und bilden die geschlossene Rinde der Sprosse.

Fig. 60. Die von den sich verzweigenden Tochterzellen der Zellfäden gebildete Rinde in der Flächenansicht.

Fig. 61. Dreizelliger Carpogonast fast ganz gerade verlaufend. Das Carpogonium trägt ein Trichogyn, welches auf der einen Seite stark angeschwollen ist. Die Trägerzelle des Carpogonastes ist eine Tochterzelle eines Markfadens.

Fig. 62. Der Carpogonast besteht aus drei Zellen, von denen die erste Zelle die grösste ist. Die Endzelle, das Carpogonium, ist etwas nierenförmig gekrümmt. Das Carpogonium setzt sich in das haarförmige Trichogyn fort; dieses durchbohrt die Aussenkollode und das Grenzhäutchen.

Fig. 63. Beginn der Fusion des Carpogonastes: das Carpogonium ist mit der zweiten Zelle des Carpogonastes fusionirt. Die Tragzelle des Carpogonastes sitzt dem Markfaden nicht direct an, da die Markfadenzelle, der sie entstammt, sich vom Markfaden abzweigt. Neben dem Carpogonast hat sich auch die Auxiliarzelle ausgebildet.

Fig. 64. Die Fusion des befruchteten Carpogonastes zu einer einzigen Zelle ist beendet. Diese Fusionszelle hat sich ebenso wie die Auxiliarzelle vergrössert. Die Auxiliarzell-Mutterzelle ist eine Tochterzelle der Carpogonastträgerzelle.

Fig. 65, 66. Der befruchtete fusionirte Carpogonast *c* krümmt sich und lässt der Auxiliarzelle einen kurzen Fortsatz entgegenwachsen. In beiden Fällen ist die Auxiliarzell-Mutterzelle mit der Tragzelle des Carpogonastes vertüpfelt. — In Fig. 66 befindet sich der einzige Kern der Fusionszelle *c* in der Aussackung gelegen, die sich der Auxiliarzelle entgegenstreckt. Auch in dieser ist ein Kern sichtbar.

Fig. 67. Ein gleiches Stadium wie in den beiden vorigen Abbildungen zeigt den Beginn der Fruchtwandbildung. Von den Zellen, welche der Tragzelle des

Carpogonastes und der Auxiliarzell-Mutterzelle benachbart sind, entspringen verzweigte Zellfädchen, welche nach der über der Auxiliarzelle gelegenen Mitte hinwachsen.

Fig. 68, 69. Die befruchtete Fusionszelle *c* hat an der Spitze ihres Fortsatzes eine kleine Zelle abgegliedert, die sich der Auxiliarzelle entgegenstreckt. In diesen beiden Zellen ist je ein Kern sehr deutlich sichtbar.

Fig. 70. Die kleine von der Fusionszelle abgeschnittene Zelle ist mit der Auxiliarzelle fusionirt. In der nun befruchteten Auxiliarzelle *b* sind zwei Kerne noch gesondert sichtbar. Diese Zelle *b* bleibt mit dem Rest des fusionirten Carpogonastes, der Zelle *r*, vertüpfelt.

Fig. 71—73. Aehnliche Stadien wie in Fig. 16, doch ist in der befruchteten Auxiliarzelle *b* nur ein Kern sichtbar. In allen drei Fällen ist die Mutterzelle der Auxiliarzelle mit der Tragzelle des Carpogonastes vertüpfelt.

Fig. 74. Die befruchtete Auxiliarzelle hat sich in eine obere Zelle, die Centralzelle *ctr* getheilt, während die untere mit dem Rest des befruchteten Carpogonastes *r* und der Auxiliarzell-Mutterzelle *am* vertüpfelt bleibt. Die Centralzelle hat schon eine Zelle *l* abgeschnitten, welche einen späteren Lobus darstellt.

Fig. 75 (45). Dasselbe Präparat wie in Fig. 74. Es zeigt die Entwickelung des Fruchtgehäuses. Ueber der Centralzelle sind die Zellfäden, welche das Innere der Fruchthülle durchziehen, mehrfach gerissen.

Fig. 76 (200). Ein gleiches Stadium wie die Figuren 74, 75. Das Zerreissen der Fäden der Fruchthülle ist in ausgedehnter Weise erfolgt.

Fig. 77. Die Centralzelle *ctr* hat mehrere Zellen, die zu Loben werden, abgegliedert. Die Vertüpfelung der oberen beiden Loben mit der Centralzelle ist durch Quetschen zerrissen.

Ueber die physiologischen Functionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus.

Von

O. Loew,

Privatdocent an der Universität München.

Die Frage, warum Calcium- und Magnesiumsalze bei physiologischen Functionen in den grünen Pflanzen einander nicht ersetzen können, bietet unstreitig ein hohes Interesse dar. Die Beobachtungen verschiedener Forscher stellten ausser Zweifel, dass beide Klassen von Salzen absolut nöthig sind, aber ganz verschiedenen Functionen dienen. Während Calciumsalze vorzugsweise in den Blättern Verwendung finden, folgen die Magnesiumsalze mehr dem Samen und begleiten die Eiweissstoffe. Diese auffallende Thatsache sollte geeignet sein, uns auf die Fährte zur Lösung jenes Räthsels zu führen.

Betrachten wir zunächst einige Beispiele, welche diese Verhältnisse beleuchten. Die Gramineen sind hiezu besonders gut geeignet, weil die meisten derselben weder oxalsauren Kalk noch andere unlösliche Kalksalze in den Zellen ausscheiden.

	In 100 Thl. Asche sind enthalten Procente:	
	Magnesia	Kalk
Gersten körner[1]	8,29	2,48
Hafer körner[2]	7,70	3,70
Weizen körner[3]	11,75	3,30
Mais körner[4]	13,60	0,57
Roggenkleie[5]	15,82	3,47
Gersten stroh[1]	2,97	7,28
Hafer stroh[6]	4,58	7,29
Weizen stroh[7]	1,69	6,93
Mais stroh[8]	1,84	5,35
Roggen stroh[9]	2,41	9,06

1) Analyse von Way und Ogston; mittlerer Gehalt. — 2) Boussingault. 3) Bibra. — 4) Way und Ogston. — 5) Weber. — 6) Levi. — 7) Will und Fresenius. — 8) Weber. — 9) Hrushauer. Diese und die folgenden Angaben sind Liebigs Werk: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, 7. Aufl., Thl. I, entnommen.

Nimmt man die Durchschnittszahlen und rechnet zur Ermöglichung eines richtigeren Vergleichs die Gewichtstheile in Molecule um, so findet man in den Gramineensamen[1]) auf 100 Mol. Magnesia nur 17 Mol. Kalk, in den Blättern aber auf 100 Mol. Magnesia volle 224 Mol. Kalk!

Die Samen von *Phaseolus vulgaris* gaben Way und Ogston eine Asche mit 6,53 % Magnesia auf 8,65 % Kalk, die Blätter aber eine mit 4,38 % Magnesia auf 21,26 % Kalk, also auf die gleiche Menge Magnesia wie in den Samen bezogen fast vier Mal so viel Kalk in den Blättern. Bei den ölreichen Samen von *Brassica Napus* fand Bär fast gleiche Mengen Kalk und Magnesia, im Stroh dieser Pflanze aber sieben Mal so viel Kalk als Magnesia.

Der Gehalt der Blätter an Kalk ist auch gegenüber dem der Wurzeln und Knollen relativ weit bedeutender als der an Magnesia. In der Asche des Krautes von *Daucus carota* wurde von Way und Ogston, das Gewichtsverhältniss zwischen Magnesia und Kalk wie 1 : 14, in der Wurzel aber wie 1 : 2,5 befunden. Im Kartoffelkraut fanden sie das Verhältniss wie 1 : 6,1, in den Knollen wie 1 : 0,6. Auch bei Blüthen ist der Kalkgehalt geringer; jene Analytiker fanden z. B. in der Hopfenblüthe auf 4,80 Theile Magnesia 9,59 Theile Kalk, in den Blättern aber auf 4,84 Theile Magnesia 30,78 Theile Kalk.

Die relative Zunahme der Magnesia im Samen tritt in besonders hohem Grade beim Vergleiche mit dem Holze hervor. Wittstein fand (l. c.) im Samen von *Abies pectinata* nur 1,54 Theile Kalk auf 16,79 Theile Magnesia, Böttinger im Samen von *Pinus sylvestris* auf 1,86 Theile Kalk 15,09 Theile Magnesia, während das Holz von *Pinus sylvelstris* 31,74 Theile Kalk auf 19,76 Theile Magnesia enthielt. Im Holze von *Abies pectinata* fand ein anderer Autor (l. c.) auf 33,04 Theile Kalk nur 7,17 Theile Magnesia.

Vor kurzem hat R. Weber einen sehr lehrreichen Beitrag dazu geliefert, dass Magnesiumsalze bei der Samenbildung der Bäume in bedeutendem Maasse aus dem Holze herangezogen werden.[2]) Ein 150 Jahre alter Stamm einer Rothbuche, welcher reichlich Samen getragen hatte, wurde bezüglich der Aschebestandtheile (und des Stickstoffs) mit einem andern gleich grossen Stamm verglichen, welcher

1) In manchen Weizensorten ist die Menge des phosphorsauren Magnesia zehnmal grösser als die des phosphorsauren Kalks (Liebig, Chem. Briefe 4. Aufl. II. S. 291).

2) Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift I, 13.

nahebei zwei Jahre vor dem Samenjahr gefällt worden war. Die Holzproben wurden in Zonen von je 30 Jahresringen separat untersucht. Aus den analytischen Tabellen heben wir folgende Zahlen hervor:

	Procente in der Asche im Stamme der Samenbuche		der Controlbuche	
	CaO	MgO	CaO	MgO
Rinde	85,05	2,60	82,10	3,65
Zone I	33,92	**12,65**	27,69	**29,25**
Zone II	34,13	**11,95**	31,52	**26,72**
Zone III	35,98	**12,15**	33,55	**20,89**
Zone IV . . . . } Kernholz Zone V . }	33,36	13,36	27,59 31,21	19,02 11,00

Während sich also bei der Samenbuche in Bezug auf Kernholz und Rinde keine sehr grossen Unterschiede gegenüber der Controlbuche ergeben, ist die Abnahme des Magnesiagehaltes bei den ersten beiden peripherischen Zonen der Samenbuche höchst auffallend; der Magnesiagehalt beträgt weniger als die Hälfte vom Magnesiagehalt der gleichen Zonen der Controlbuche. Für den Stickstoffgehalt ergab sich eine ähnliche Erscheinung, ebenso für die Phosphorsäure des Splintholzes der letzten 30 Jahre.

Cultivirt man Pflanzen bei Ausschluss von Calciumsalzen, so stellen sich bald auffallende Störungen in der Entwickelung ein, die allmählich den Tod nach sich ziehen. Stohmann[1]) cultivirte Maiskeimlinge fünf Wochen lang in kalkfreier Nährlösung, wobei die Vegetation bald zu einem Stillstand kam. Als er nun einen Zusatz von Calciumnitrat gab, drangen schon nach fünf Stunden aus den welk gewordenen Spitzen frische grüne Triebe hervor, die sich in den nächsten Tagen zu Blättern und Stielen entwickelten.

Böhm[2]) fand, dass eine Stockung der Stärkeleitung stattfindet, wenn den Keimpflanzen keine Kalksalze zugeführt werden. Nur Chlorcalcium hielt den Tod der Pflanzen nicht auf, ebensowenig konnte der krankhafte Zustand durch Magnesiumsalze beseitigt werden, ja kohlensaure Magnesia wirkte geradezu schädlich. Böhm arbeitete mit Feuerbohnen *(Phaseolus multiflorus)*. Während bei Zufuhr von Kalksalzen bei (im Dunkeln erwachsenen) Pflanzen die oberen Theilen der Stengel mit Stärke erfüllt waren, blieb bei Kalkausschluss die Stärke in den Mark- und Rindenzellen des unteren Stengeltheils.

1) Annal. Chem. Pharm. Bd. 121.

2) Wien. Akad. Ber. Bd. 71 (1875).

Die Untersuchungen von E. v. Raumer und Kellermann bestätigten die Ergebnisse Böhms; ihre Beobachtungen an Feuerbohnen (sowohl Dunkel- wie Hellculturen) führten sie zum Schlusse, dass die Functionen der Kalksalze im engsten Zusammenhange mit der Verarbeitung der Kohlehydrate stehen. Die in kalkfreier Nährlösung gezogenen Pflanzen blieben bald im Wachsthum hinter den Normalpflanzen zurück und fingen nach längerem Stillstand an, oben abzusterben, was sich sehr langsam nach unten fortsetzte. In einzelnen Fällen fing das Absterben der Blätter unten an, was nun die Entwickelung eines neuen Blattes oben bedingte. Der Kalk, der festgelegt war, wurde theilweise wieder löslich, transportabel und führte nun zu neuer Zellbildung.[1])

Heiden fand,[2]) dass Mais und Erbse ohne Kalkzufuhr nur einen Monat lebten und 18,9 resp. 21 cm Höhe erreichten. Ohne Magnesiazufuhr lebten sie wesentlich länger, Mais 2½—3 Monate, Erbsen 2 Monate, und die erreichte Höhe betrug 44 resp. 30 cm. Ohne Stickstoffsalze oder ohne Kaliumsalze oder ohne Phosphate betrug die Lebensdauer 2—3 Monate. Mangel an Kalksalzen macht sich also für die Pflanzen viel eher fühlbar, als der Mangel an anderen nothwendigen Verbindungen.

Schimper züchtete *Tradescantia Selloi* in kalkfreier Lösung und erhielt „kalkfreie" Blätter, welche sich ausser durch grösseren Stärkereichthum in gar nichts von normalen unterschieden.[3]) Die Seitenknospen aber gingen hier stets bald zu Grunde. In kali- oder magnesiafreien Lösungen dagegen gingen umgekehrt die Blätter bald zu Grunde, während die Knospen lange am Leben blieben. Kalksalze sind nach Schimper zwar unbedingt nöthig, aber „nur ausserhalb der Urmeristeme und in den grünen Theilen". Er bekämpft die Schlussfolgerung Böhms, dass Kalksalze beim Stärketransport eine Rolle spielen und glaubt diese Folgerung dadurch widerlegt zu haben, dass er nachwies, dass der entstandene Zucker bei seiner „Wanderung" nicht an Kalk gebunden ist. Das Letztere konnte man allerdings voraussehen; denn Zuckerkalk ist eine schon durch Kohlensäure sehr leicht zersetzbare Verbindung und bei der stetigen Athmungsthäthigkeit der Zellen darf daher schon an die Entstehung von Zuckerkalk gar nicht gedacht werden. Der Stärketransport ist allerdings nur in Form

1) Es ist der Fall denkbar, dass die sämmtliche verfügbare Kalkmenge im Organbau verbraucht wird und im Zellsaft sich Calciumsalze nicht mehr nachweisen lassen.

2) Centralbl. f. Agriculturchem. 17, 622. Jahresber. f. Agriculturchem. 1888.

3) Flora 1889 S. 246.

von Glucose möglich, allein damit die Stärke verzuckert wird, sind eben gewisse Bedingungen erforderlich, z. B. die Bildung der Diastase, und hier ist es, wo eine wenn auch indirecte Function von Kalksalzen zu suchen ist.

Das Vorhandensein von Diastase in den Blattzellen wurde zwar in neuerer Zeit angezweifelt, allein wenn man in getödteten Blättern keine Lösung und Verzuckerung von Stärke mehr beobachtet, so darf man daraus noch nicht auf das gänzliche Fehlen der Diastase schliessen. Wahrscheinlich ist ihre Menge in der Zeiteinheit nur äusserst gering und sie kann desshalb nur unter dem Einflusse des lebenden Plasmas stehend bedeutende Leistungen ausüben, ebenso wie Wärme ihre Wirkung bedeutend erhöht. Eine Mitwirkung des Plasmas erhellt auch daraus, dass statt Maltose und Dextrin Glucose entsteht. Dem Schlusse Wortmanns (Bot. Zeitg. 48. Jahrg. S. 581), das lebende Plasma besorge in vielen Fällen allein die Lösung der Stärke, kann ich nicht zustimmen. Das Einwirken eines gelösten Agens auf das Stärkekorn ist unbedingt erforderlich und wird auch durch die Beobachtungen Krabbes wahrscheinlich. Möglicherweise werden die Diastasespuren beim Absterben der Zellen mit verändert oder vom Plasma festgehalten.[1])

Verzuckerung der Stärke und Leitung der erzeugten Glucose sind zwei verschiedene Vorgänge, welche aus einander gehalten werden müssen. Schimper beobachtete wie Böhm Stärkeanschoppungen bei Kalkmangel, allein nach seiner Meinung liegt hier nur eine „secundäre pathologische Erscheinung" vor.[2]) Er betont, dass „auch ältere Blätter,

---

1) Nachdem dieses niedergeschrieben war, kam ich in Besitz der Habilitationsschrift des Herrn C. Correns, worin (S. 143) die Möglichkeit dieses Einwurfes ebenfalls zugegeben wird. Dass zwischen der chemischen Natur der Enzyme und derjenigen des lebenden Plasmas eine innige Beziehung bestehen dürfte, wurde schon des öfteren sowohl von M. Nencki als von mir betont. Mehr als das Verhalten gegen verdünnte Säuren und Alkalien spricht für den innigen Zusammenhang das Verhalten gegen verdünnten Formaldehyd, welcher selbst in ganz neutraler Lösung Enzyme sowohl wie Plasma tödtet. Hier kommt die gleiche wirksame Atomgruppe in Betracht, welche angegriffen wird. Vgl. J. pract. Chem. 1887 S. 287 (Loew und Bokorny) und Ibid. 1888 S. 104 (Loew), ferner Jahresb. f. Thierchemie 18, 272.

2) Schimper theilt eine Beobachtung Déherains mit, dass höhere Temperatur dem Effekte des Kalkmangels entgegenwirke. Hiezu muss ich bemerken, dass bei Spirogyren dieses nicht zutrifft, im Gegentheil, der Tod erfolgt bei Kalkmangel rascher bei höherer Temperatur (24—28°). Wahrscheinlich handelt es sich bei der Beobachtung Déherains (deren Publikation ich nicht auffinden konnte) um ein Löslichwerden schwerlöslicher Salze, wodurch jüngere Organe mit Kalk aus älteren Organen versorgt werden konnten.

welche von Stärke strotzen, bei Kalkmangel zu Grunde gehen" und hat damit meiner Ueberzeugung nach Böhms Ansicht nicht widerlegt, sondern bestätigt. Denn wenn die Zuckerbildung aus Stärke unterbleibt, so kann der Athmungsvorgang nicht unterhalten werden, es leiden Bildung von Cellulose und Eiweissstoffen, die Ernährung und damit die Functionen des Zellkernes, die wichtigsten physiologischen Vorgänge müssen bald zu einem Ende kommen, das durch einen Fettgehalt nur etwas hinausgeschoben aber nicht vermieden werden kann. Es könnte also unter gewissen Umständen selbst bei Reichthum an Stärkemehl der Hungertod von Zellen eintreten.

Was nun die Folgerung Schimpers betrifft, man könne kalkfreie Blätter erhalten, so steht dieselbe mit den Erfahrungen anderer Forscher im Widerspruche, ja sogar mit seinen eigenen; denn an einer anderen Stelle sagt er, Kalksalze seien für die grünen Theile unbedingt nöthig. Wahrscheinlich handelte es sich bei einem Versuche Schimpers um sehr kalkarme Blätter, deren Kalkgehalt übersehen werden konnte. Ich züchtete 10 cm lange Zweige von *Tradescantia repens* ebenfalls in kalkfreier Nährlösung, wobei sich nach einiger Zeit zwei neue Blätter entwickelten und aus dem untersten Knoten Würzelchen hervorbrachen. Das jüngste Blatt wurde nun eingeäschert und die Asche mit etwas Schwefelsäure auf dem Objectträger behandelt. Die bald entstehenden Gipsnadeln liessen keinen Zweifel über den Kalkgehalt der Blätter. Derselbe war aus anderen Theilen der Pflanze zugeströmt. Eine Untersuchung der Knoten ergab, dass diese nicht nur oxalsauren Kalk enthielten. Als ich 80 Knoten jener Species nach dem Zerdrücken mit 50 ccm Wasser auskochte, gab das Filtrat starke Reactionen auf Sulfate, Nitrate, Calciumsalze und nach dem Ausfällen des Kalks auch noch ziemlich starke Reaction auf Magnesia mit Dinatriumphosphat und Ammoniak.[1])

Schimper sucht den grossen Nutzen der Calciumsalze ausschliesslich darin, dass sie die in den Pflanzen häufig entstehende Oxalsäure in den unlöslichen Zustand überführen. Oxalsäure wirkt nach Schimper selbst in der Form der neutralen Salze giftig auf höher stehende Pflanzen.[2]) Dass hier also Calciumsalze werthvolle

---

1) Möglicherweise functioniren die Knoten als Speicherungsorgane.

2) Ich überzeugte mich von der Richtigkeit dieser Beobachtung. Blätter von *Elodea canadensis* und *Vallisneria spiralis* hatten z. B. nach 36 Stunden in einer 1procentigen Lösung von neutralem oxalsaurem Kali ihren Turgor gänzlich eingebüsst, während sie in ebenso starken Lösungen von neutralem schwefelsaurem oder weinsaurem Kali völlig intact geblieben waren.

Dienste leisten, ist nicht zu bestreiten; allein es wäre entschieden unrichtig, darauf die ganze physiologische Function desselben zurückführen zu wollen. Zudem war noch die Frage zu prüfen, ob auch niederstehende Pflanzen empfindlich gegen neutrale oxalsaure Salze sind. Dass Pilze *(Penicillium, Saccharomyces)* dieselben vertragen ist eine alte Erfahrung und ich habe mich davon ebenfalls vor mehr als 10 Jahren überzeugt.[1] Bei Algen aber war das noch zweifelhaft; denn häufig erweisen diese sich resistenzfähiger als Phanerogamen. Chlornatrium z. B. beeinträchtigt schon bei einem Gehalte von 0,5% in der Nährlösung die Assimilationsthätigkeit der Maispflanze (Schimper) und Jodkalium ist für Phanerogamen ein starkes Gift. Beide Salze werden aber in 0,5 procentigen Lösungen von Algenarten *(Spirogyra, Vaucheria)* längere Zeit ohne Schaden ertragen. Erst nach 5—6 Wochen beobachtete ich bei den unter dem Einflusse von Jodkalium stehenden Spirogyren ein Schmälerwerden der Chlorophyllbänder. Bei Chlornatrium aber wurde nach dieser Zeit kein schädlicher Einfluss bemerkt, auch die Assimilationsthätigkeit war nicht geschwächt, wenn noch Spuren der nöthigsten Nährsalze zugesetzt wurden.[2]

Ein anderes Beispiel wird durch das Verhalten der Algen gegen Borsäure geliefert, welche nach Hotter bei 10 milligr. pro Liter Nährlösung auf *Zea* und *Pisum* schädlich wirkt[3]) und selbst in Form von Borax noch bei 1‰ erwachsene Maispflanzen in 20 Tagen tödtet.

Dagegen konnte ich bei Algen *(Spirogyra, Vaucheria)* selbst nach vielen Wochen keinen schädlichen Einfluss bemerken, wenn dem Culturwasser noch 0,2‰ Borsäure zugesetzt wurde. Demgemäss erwartete ich auch eine grössere Resistenz der Algen neutralen Oxalaten gegenüber. Zu meiner Ueberraschung aber erwiesen sich diese Salze bei nicht allzugrosser Verdünnung auch hier giftig! Der Unterschied im Verhalten von Pilzen und Algen ist in dieser Beziehung somit höchst auffallend und lässt vermuthen, dass derselbe durch die Chlorophyllkörper bedingt wird. In der That gewahrt man bei *Spirogyra majuscula,* dass derselbe unter dem Einflusse neutralen Kaliumoxalats[4] (2 procentige Lösung) bald verquillt, schon nach

---

1) Die Gährthätigkeit der Bierhefe wird z. B. nicht im Mindesten geschädigt bei Zusatz von 4% neutralen Kaliumoxalats zur gährenden Flüssigkeit.

2) In neuerer Zeit hat auch Richter ähnliche Beobachtungen gemacht (Flora 1892 S. 54).

3) Landwirth. Versuchsstation 37, 437.

4) Sollte das käufliche Oxalat schwach alkalisch reagiren, so ist die Lösung mit äusserst verdünnter Oxalsäure genau zu neutralisiren.

30—40 Minuten, dass aber schon vorher, nach ca. fünf Minuten der Einwirkung, der Kern eine Contraction erfährt, was eine Einschnürung des Cytoplasmas an den Anheftestellen der Plasmastränge in vielen Zellen im Gefolge hat. *Spirogyra Weberi* und *Spirogyra majuscula,* welche 10 Minuten in einer 2procentigen Oxalatlösung verweilt und trotz Verletzung des Kernes noch ihren vollen Turgor bewahrt hatten, erholten sich beim Einsetzen in kalkreiches Quellwasser nicht wieder, nach 24 Stunden waren die Zellen total abgestorben. Schon fünf Minuten Aufenthalt tödtete die meisten Zellen! In einer 0,5procentigen Lösung schrumpft in der Regel der Kern nicht zu einem Faden zusammen, sondern quillt erst nach längerer Zeit zu einer Kugel auf, um schliesslich öfters zu einem unregelmässigen zackigen Gebilde zu werden. In einer 0,1procentigen Lösung geht aber die Giftwirkung auf Spirogyren bereits so langsam vor sich, dass die Zellen erst nach einer Reihe von Tagen in allen Theilen abgestorben sind.[1])

Bei anderen Algenspecies, wie *Vaucheria, Mougeotia, Zygnema, Cosmarium, Oedogonium, Cladophora, Sphaeroplea,* habe ich beobachtet, dass sie in einer 0,5proc. Lösung nach 24 Stunden unter Verquellung der Chlorophyllkörper abgestorben waren. Bei Diatomeen beobachtete ich nach 15 Stunden Aufenthalt in 0,5proc. Lösung keine Bewegungen mehr, wohl aber in einer 0,05procentigen noch bei einzelnen Diatomeen nach drei Tagen.

Der Zellkern der Zwiebel contrahirt sich unter dem Einflusse einer 2procentigen Lösung von neutralem Kaliumoxalat nach 10—15 Minuten um etwa 1/5 seines Durchmessers, wird trübe und verliert allmählich seine scharfen Conturen.

Lässt man weinsaures oder schwefelsaures Kali auf die erwähnten Objecte wirken, so gewahrt man keine derartigen Erscheinungen. Es ist also richtig, dass überall da, wo in den Pflanzenzellen Oxalsäure producirt wird, lösliche Kalksalze eine wichtige Rolle spielen, indem sie diese Säure resp. ihre löslichen Salze in unlösliches Calciumoxalat überführen. Freilich existiren eine Anzahl Beispiele, welche zeigen, dass lösliche — sogar saure — Oxalate in den Pflanzen existiren, ohne Schaden anzurichten — man denke an Rumex und Oxalis —, allein hier sind diese giftigen Körper im Zellsaft und werden vom Tonoplasten abgehalten, zum Zellkern und den Chlorophyllkörpern vorzudringen. Da aber die Oxalsäure im Cytoplasma

---

1) Eine so rasche Abnahme der Giftigkeit ist aber bei der freien Oxalsäure nicht zu beobachten (siehe unten).

— vielleicht auch öfters im Zellkern[1]) — entsteht, so muss eine Kraft existiren, welche dieses Gift sofort in die Vacuole schafft — wenn lösliche Calciumsalze nicht zugegen sind.[2]) — Dass das Cytoplasma nicht direct durch Oxalate angegriffen wird, sondern erst infolge des Todes des Kernes und der Chlorophyllkörper stirbt, scheint mir auch daraus hervorzugehen, dass viele Stunden lang die lebhafte Strömung im Plasma der Wurzelhaare von *Chara* unter dem Einflusse einer 0,2 procentigen Lösung neutralen Kaliumoxalats fortdauert.

Worin liegt nun der Grund dieser auffallenden giftigen Wirkung? Nach dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft ist wohl die plausibelste Erklärung die, dass Calciumverbindungen eine wichtige Rolle beim Aufbau jener Organoide spielen.[3]) Wird durch das Eindringen des Oxalats das Calcium durch Ueberführung in oxalsauren Kalk der lebenden Materie entrissen, so ändert sich das Quellungsvermögen und die damit herbeigeführte Strukturstörung bedingt auch die Umlagerung aus dem activen in den passiven Zustand. Von der Oxalsäure kennen wir keine andere so charakteristische Eigenschaft als die, den Kalk aus allen Verbindungen unlöslich abzuscheiden. Schwefelsaure oder weinsaure Salze fällen dem gegenüber den Kalk erst aus relativ concentrirten Lösungen und weit langsamer. — Der Einwand, das oxalsaure Kali werde gespalten und die freie Oxalsäure wirke eben wie jede Säure schädlich auf das Plasma, ist nicht stichhaltig, denn sonst müsste ja weinsaures Kali ebenso wirken.

Unter diesem Gesichtspunkt wird es begreiflich, warum Calciumsalze auch solchen Pflanzen nöthig sind, welche keine Oxalsäure erzeugen; sie müssen hier einen anderen Zweck haben, als den von Schimper betonten. Dieser Forscher meint allerdings, dass in den Fällen, in denen Oxalate mangeln,[4]) stets andere Salze, wie z. B. weinsaure, erzeugt werden, welche ebenfalls schädlich wirken möchten und durch Umsetzung mit Kalksalzen unwirksam gemacht werden. Auch wird die Vermuthung ausgesprochen, dass bei Wasserpflanzen die löslichen Oxalate leicht herausdiosmiren könnten. Ersteres ist

---

1) Vgl. O. Loew, Biol. Centralbl. XI, 277.

2) Ein schönes Beispiel, welches zeigt, wie gelöste Stoffe von der lebenden Vacuolenwand abgehalten werden wieder in das Cytoplasma einzudringen, hat H. Molisch mitgetheilt (Botan. Zeitg. 1889 Nr. 2).

3) Das Vorkommen von Calciumsalzen — meist $CaCO_3$ — in vielen Zellmembranen dürfte wohl wichtigere physiologische Beziehungen nicht haben.

4) Oxalatfrei sind bekanntlich die meisten Grasarten, Selaginellaarten, Farne, Moose, Equiseteen (vgl. Kohls Werk über Kalksalze und Kieselsäure in den Pflanzen).

indessen nur für einzelne Fälle richtig und letzteres wurde — was Algen betrifft — von Migula widerlegt.

Kleinere Spirogyraarten bilden gewöhnlich keine Oxalsäure, welche bei Züchtung in kalkreichem Wasser doch als Calciumoxalat sichtbar werden müsste; grössere Arten trifft man aber öfters mit einigen kreuzförmig gestellten Nadeln von Calciumoxalat. Unter gewissen Umständen aber können sie grössere Mengen von Oxalsäure erzeugen,[1] nach Migula[2] besonders bei Aufenthalt in äusserst verdünnten Lösungen organischer Säuren. Ist hiebei nun Kalk ausgeschlossen, so häufen sich lösliche Oxalate an, so dass die Algenzellen nachher beim Einsetzen in kalkreiches Wasser binnen wenigen Stunden grössere Mengen Calciumoxalat in Form kreuzförmiger Krystalle des quadratischen Systems im Innern abscheiden.[3] Die löslichen Oxalate diosmiren also keineswegs rasch aus dem Zellsaft heraus, wohl aber dringen sie sehr leicht von aussen in das Cytoplasma ein und durch die Plamastränge bis zum Kern vor, wie die beschriebenen Giftwirkungen erkennen lassen.

Bei geringem Säuregehalt der Culturflüssigkeit wird zuerst die Zelltheilung eingestellt, dann nehmen Assimilationsthätigkeit und Eiweissbildung ab. Waren bei Säurezusatz Calciumsalze ferngehalten, so gehen die Algen viel eher zu Grunde, als im blossen Wasser ohne Kalksalze oder als in Säurelösungen mit Kalksalzen (Migula l. c.).

Wenn nun eine protoplasmatische Calciumverbindung wesentlich für den Chlorophyllkörper ist,[4] so muss mit der Zahl dieser Organoide auch der Calciumgehalt der Blätter steigen, was die eingangs hervorgehobenen Verhältnisse am einfachsten erklärt. Da am Albinismus

1) O. Loew, Biolog. Centralbl. XI, 278.

2) Migula, Ueber den Einfluss stark verdünnter Säuren auf Algenzellen. Breslau 1888.

3) Oxalsäure kann auf mehrerlei Weise in den Pflanzen erzeugt werden: in erster Linie durch einen unvollkommenen Athmungsprocess. Die interessanten Studien Migulas lassen hierüber gar keinen Zweifel, sie lehren uns auch, dass hydroxylirte Säuren (Weinsäure, Citronensäure etc.) der Oxalsäureproduction günstiger sind als nicht hydroxylirte, wie Essigsäure. — In zweiter Linie kann Oxalsäure auch entstehen bei der Verarbeitung von Nitraten und Sulfaten im Eiweissbildungsprocess, wobei der Sauerstoff dieser Säuren auf den Zucker geworfen wird. — Niemand hat behauptet, dass hier stets Oxalsäure entstehen müsse und es sind desshalb auch die hochtrabenden Bemerkungen Wehmers (Bot. Ztg. 1891) völlig gegenstandslos.

4) Wenn man bedenkt, dass die Moleculargewichte der Proteinstoffe sehr gross, das Atomgewicht des Calciums aber nur gering ist, so wird klar, dass das einem Chlorophyllkorn nöthige Minimum von Kalk relativ sehr gering ist und es wird begreiflich, dass man bei Behandlung mit löslichen Oxalaten keine Krystalle von Calciumoxalat im Chlorophyllkorn zu sehen bekommt.

leidende Blätter nach Zimmermann oft wenig ausgebildete Leukoplasten haben — verglichen mit den Chlorophyllkörpern gesunder Blätter —, so liesse sich bei jenen auch ein geringerer Kalkgehalt erwarten. Aus den von Church mitgetheilten Untersuchungen über albicate Blätter von *Quercus rubra*[1]) ergab sich in der That ein bedeutender Unterschied: die weissen Blätter enthielten bei 100° getrocknet 0,687 % Kalk, die grünen 0,928 %; allein eine weitere Folgerung kann daraus desshalb nicht gezogen werden, weil der Gehalt an oxalsaurem Kalk nicht bestimmt wurde.

Vergleicht man die Wirkung freier Oxalsäure mit den anderen organischen Säuren, so stellt sich auch hier ein auffallender Unterschied bei den Absterbesymptomen heraus. Migula (l. c.) beobachtete bei *Spirogyra orbicularis*, dass Oxalsäure am giftigsten von allen organischen Säuren wirkt, womit auch meine eigenen Beobachtungen übereinstimmen; der Kern schwillt unter dem Einflusse der Oxalsäure (0,004 procentige Lösung) oft kugelig an, manchmal bis aufs Sechsfache seines ursprünglichen Volums, und wird undurchsichtig. Das Cytoplasma kann dann zwar noch einige Zeit am Leben bleiben, die Zellen erholen sich jedoch in frischem Wasser nicht wieder (Migula). „In stärkeren Oxalsäurelösungen sterben die Zellen in der Regel in kurzer Zeit, ohne diese charakteristische Wirkung der Oxalsäure zu zeigen". — Meiner Ansicht nach liegt hier doch ebenfalls ein deutlicher Fingerzeig dafür vor, dass im Kerne Kalkverbindungen eine wichtige Rolle spielen. Die Vermuthung, dass eine Calciumverbindung des activen Nucleins die Gerüstsubstanz des Kerns[2]) bildet, dürfte wohl einige Berechtigung besitzen.

Ich beobachtete, dass nach fünf Tagen Aufenthalt von einigen Fäden der *Spirogyra majuscula* in 500 ccm einer Lösung von 0,0001 % freier Oxalsäure[3]) in den meisten Zellen eine bedeutende Schädigung eingetreten war; die Plasmastränge waren eingezogen, der Kern war

1) Chem. Soc. Journ. Bd. 35, Bd. 37, Bd. 49.

2) Der Kern muss eine gewisse Festigkeit besitzen, wenn er der Träger des Idioplasmas sein soll, wie schon Nägeli hervorhob. Wird der Kalk durch Oxalsäure entzogen, so wird das Quellungsvermögen grösser, falls das Leben des Kernes nicht sofort erlischt. Dass die Kalkverbindung des Nucleins sehr schwer löslich ist, geht aus einer Mittheilung Kossels hervor (Untersuchungen über die Nucleine S. 7).

3) Es wurde das reinste destillirte Wasser verwendet, von dem ein Controlversuch die Unschädlickeit für die Algen ergeben hatte. Oft wirkt destillirtes Wasser wegen Spuren von gelösten Metalloxyden giftig. Migula nahm bei seinen Versuchen meist Breslauer Leitungswasser.

geschrumpft und lag an der Seite, die gezackten Ränder der Chlorophyllkörper waren verquollen und häufig zahlreiche Tröpfchen sichtbar geworden.[1]) Dabei hatten die Zellen meist noch Turgor, das Cytoplasma war noch am Leben und unbeschädigt, Anilinfarben liessen es ungefärbt und Coffeinlösung brachte im Cytoplasma und Zellsaft noch eine starke Aggregation des activen Proteins hervor. In einer 0,01 procentigen Oxalsäurelösung sind schon nach 12 Stunden viele Zellen derselben Alge abgestorben. Bei Zellen mit noch nicht contrahirtem Plasmaschlauch sieht man auch hier Chlorophyllkörper und Zellkern deformirt, oft den letzteren wie mit einer stark gequollenen Schichte umgeben.

Gehört nun eine Calciumverbindung eines Proteinstoffes, wie Nuclein, zur Constitution des Zellkernes und der Chloroplasten, so wird die Abhängigkeit des Stärketransports von der Gegenwart von Kalksalzen auch einigermaassen begreiflich.[2]) Zwei verschiedene Ursachen, einzeln oder zusammen wirkend, können hier von Einfluss sein. Entweder es fehlt an Diastase zur Verzuckerung der Stärke oder es fehlt an der Bildung einer normalen Anzahl von Leukoplasten oder Chlorophyllkörpern behufs Rückverwandlung des gebildeten Zuckers in Stärkemehl an den Stellen, wohin das letztere transportirt werden soll.

Da B. Hofer an Amöben nachgewiesen hat,[3]) dass der Kern

1) Sehr verschieden verhält sich Weinsäure, welche wie die Oxalsäure zweibasisch ist. In einer Lösung von 0,001% Weinsäure in destillirtem Wasser waren nach sieben Tagen bei Proben derselben Algencultur noch die meisten Zellen lebend und normal. Einige Zellen zeigten Unregelmässigkeiten in der Form der Chlorophyllbänder, andere hatten einige Vacuolen im Chlorophyllband und kleine Tröpfchen. Der Kern schien aber auch bei diesen kränkelnden Zellen noch sein ursprüngliches Volum zu besitzen, auch die normale Lage in der Mitte der Zelle war noch nicht alterirt. — In einer Lösung von 0,00012% Weinsäure waren nach neun Tagen die meisten Zellen nicht im Geringsten geschädigt, nur ein kleiner Theil kränkelte, sehr wenige waren bereits todt. Auch Weinsäure wird zwar kalkentziehend wirken, aber weit langsamer als Oxalsäure; denn während oxalsaurer Kalk in Wasser ganz unlöslich ist, löst sich weinsaurer Kalk in 2000 Theilen Wasser bei 8°. Der schädliche Effect der Oxalsäure kann schwerlich auf eine andere Ursache, als die hier angenommene zurückgeführt werden. Wenn man annehmen wollte, sie wirke bei der obigen enormen Verdünnung lediglich umlagernd auf das active Nuclein, so müsste die aequivalente Menge Weinsäure ceteris paribus ebenso wirken!

2) Böhm (l. c.) schreibt u. a.: „Es unterbleibt also bei jenen Pflanzen, bei welchen wegen Kalkmangel kein weiterer Zellenbau stattfinden kann, merkwürdig genug auch die weitere Zuleitung des organischen Baustoffes aus den Reservebehältern. In welchem nothwendigen Zusammenhange dieser Transport mit dem Kalke steht, ist mir völlig räthselhaft."

3) Sitzungsber. d. Ges. f. Morph. u. Physiol. in München (1889) S. 59. — Vgl. auch M. Verworn, Pflüg. Archiv 51 S. 80.

für die Production von Enzym wesentlich ist, wird für den pflanzlichen Zellkern dieses ebenfalls wahrscheinlich. Es ist nun der Fall denkbar, dass bei ungenügender Kalkzufuhr der Kern wegen beginnenden Kränkelns keine Diastase mehr producirt.

Wenn es an Kalk mangelt wird aber auch eine unvollkommene Ausbildung und Sistirung der Vermehrung der Leukoplasten und Chlorophyllkörper stattfinden. Es kann also der Fall eintreten, dass gewisse Organe, denen noch Zucker zugeführt wird, keine Stärke mehr daraus zu bilden vermögen. Diesen Fall haben Raumer und Kellermann bei Dunkelpflanzen von *Phaseolus multiflorus* beobachtet.[1] „Die Stengel waren reich an Zucker (und Fett) jedoch war die obere Parthie derselben leer von Stärke, die erst im unteren Theile sich fand."

Die Intensität des Stärketransports hängt wesentlich von zwei Factoren ab, der hydrolytischen lösenden Thätigkeit und der ansetzenden Thätigkeit, welche den überschüssig zugeführten Zucker aus dem Kreislauf als Stärke zeitweilig entfernt.[2]

Wenn wir nun der Frage näher treten, wie kommt es, dass Magnesiumsalze bei gewissen physiologischen Functionen nicht durch Calciumsalze ersetzt werden können, so müssen wir zunächst den chemischen Charakter beider Klassen von Salzen in Berücksichtigung ziehen; denn offenbar sind ihre physiologischen Functionen durch die chemischen Qualitäten bedingt. Es ist nun auffallender Weise noch in keinem pflanzenphysiologischen Werke auf den grossen Unterschied in der Dissociirbarkeit jener Salze hingewiesen worden. Magnesia als schwächere Base trennt sich viel leichter von einer Säure als der Kalk. Schon bei der Darstellung von kohlensaurer Magnesia aus Soda und Bittersalz macht sich dieser Umstand geltend, ein basisches Magnesiumcarbonat fällt nieder, ein Theil der Kohlensäure entweicht. Das ist durchaus nicht der Fall bei Darstellung von Calciumcarbonat.[3]

1) Landwirth. Versuchsstat. 25 S. 32.

2) Die interessante Beobachtung Nobbes, dass Chlorkalium förderlich auf den Stärketransport wirkt, beruht vielleicht auf einer Reizwirkung, durch welche die producirte Diastasemenge gesteigert wird.

3) Mit dieser Thatsache contrastirt einigermaassen die Beobachtung, dass eine Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk leichter unter Abscheidung des neutralen Carbonats beim Stehen an der Luft zerlegt wird, als eine Lösung von doppeltkohlensaurer Magnesia. Indessen hier liegt jedenfalls eine verschiedene Constitution der Bicarbonate vor. Nur die Magnesiumverbindung dürfte ein wahres Bicarbonat sein von der Formel:

$$Mg \begin{cases} O - CO_2H \\ O - CO_2H \end{cases}$$

Das krystallisirte Chlormagnesium $MgCl_2 + 6H_2O$ verliert schon beim Eindampfen der Lösung eine gewisse Menge Chlor als Chlorwasserstoff unter Bildung von basischem Chlorid; bei Chlorcalcium ist das nicht der Fall. Beim Glühen wirkt Wasserdampf auf jenes Salz weit energischer, als auf dieses unter Freiwerden von Chlorwasserstoff. Aehnliche Unterschiede gewahrt man auch beim Glühen der Carbonate; das Magnesiumcarbonat wird ungleich leichter zersetzt als das Calciumcarbonat.

Es liegt also eigentlich der Schluss nahe, dass die Assimilation von Stickstoff und Schwefel aus dem Nitrat und Sulfat des Magnesiums leichter erfolgen müsse, als aus den entsprechenden Kalksalzen und aus diesen wieder leichter als aus Kalium- oder Natriumsalzen. Als erste Phase muss hiebei eine Dissociation in Base und Säure angenommen werden. Die Magnesia als sehr schwache Base wird auch bei einiger Menge keinen Schaden im Plasma hervorbringen, anders dagegen jene Säuren. Wenn die aus dem Nitrat und Sulfat frei werdenden Säuren nicht fast momentan nach ihrer Freisetzung reducirt würden, um im Eiweissbildungsprocess Verwendung zu finden, so würden sie den baldigen Tod der Zellen herbeiführen. Manche Umstände deuten aber darauf hin, dass erst eine gewisse Anhäufung von Glucose beim Vorgang der Eiweissbildung Anregung zur Spaltung jener Salze gibt.

Wenn wir die Wirkung einzelner Salze auf Pflanzenzellen vergleichen, so finden wir bei den Magnesiumsalzen aber eine auffallend schädliche Wirkung, die sich weder bei Calcium- noch bei Kaliumsalzen zeigt, wenn sie bei Ausschluss anderer Nährsalze lange mit den Zellen in Berührung sind.[1])

In einer 1 promille Lösung von Magnesiumsulfat sterben Spirogyren nach 4—5 Tagen, während sie in ebenso starken Lösungen von Calcium-, Kalium- oder Natriumsulfat lange am Leben bleiben. In einer 1 procentigen Lösung von Magnesiumnitrat sterben kleinere Spirogyren nach 6—12 Stunden, während sie sich in ebenso starken Lösungen von Calcium-, Kalium- oder Natriumnitrat lange Zeit wohl

---

1) Von den gewöhnlichen Kalksalzen stärkerer Mineralsäuren hat nur das Chlorcalcium einen schädlichen Einfluss; die freiwerdende HCl kann hier nicht wie Salpeter- oder Schwefelsäure im Eiweissbildungsprocess verbraucht, resp. unschädlich gemacht werden. Ueber die Wirkung von Chlorcalcium auf Keimlinge der Feuerbohnen schreibt Böhm (l. c.): „Die in Lösungen von $^1/_{10}$ oder $^1/_3$ p. m. gezogenen Keimlinge unterschieden sich in ihrer Entwickelung nicht von den in destillirtem Wasser cultivirten; durch concentrirtere Lösungen aber wurden die jungen Wurzeln alsbald getödtet. Die giftige Wirkung der kohlensauren Magnesia und des Chlorcalciums wird durch Zusatz von kohlensaurem Kalk paralysirt".

befinden. Nur ist bei Kaliumnitrat bald eine übermässige Stärkeanhäufung im Chlorophyllband zu sehen, welche Störungen nach sich ziehen kann.

Aber selbst bei ziemlich hoher Verdünnung zeigt sich noch der schädliche Einfluss der Magnesiumsalze: kleinere Spirogyraarten, welche mehrere Wochen in einer Lösung von 0,1 ‰ Monokaliumphosphat in reinstem destillirten Wasser gesund bleiben können, sterben nach 3—4 Tagen, wenn noch 0,2 ‰ Magnesiumnitrat oder -sulfat zugefügt wird; sie sterben erst nach 5—7 Tagen, wenn das Monokaliumphosphat weggelassen wird, und bleiben 15—18 Tage am Leben, wenn statt des Monokaliumphosphat Dikaliumphosphat zugefügt wird.

Spirogyra Weberi und *Spirogyra communis* wurden in drei mit destillirtem Wasser hergestellte Lösungen von 0,1 ‰ Dikaliumphosphat gesetzt. Die erste erhielt noch einen Zusatz von 0,05 ‰ Magnesiumsulfat, die zweite ebenso viel Calciumsulfat, die dritte je halb so viel Magnesium- und Calciumsulfat zugleich. Es wurde nur eine geringe Algenmenge auf je einen Liter Lösung genommen. Nach 12 Tagen waren in der ersten Flasche bereits todte Zellen zu bemerken, nach 20 Tagen waren alle Zellen abgestorben, während in den anderen beiden Flaschen die Algen noch ein völlig gesundes Aussehen hatten.

Fäden von *Spirogyra majuscula* wurden einerseits in eine Lösung von 0,2 ‰ Magnesiumnitrat mit 0,02 ‰ Ammoniumsulfat versetzt, andererseits in eine Lösung, worin statt des Magnesiumnitrats Calciumnitrat sich befand. Dort starben die Zellen nach 10—11 Tagen, hier aber blieben sie über sechs Wochen lebend — trotz der Unvollständigkeit der Nährlösung; es fand sogar noch Wachsthum der Zellen statt, doch unterblieb die Zelltheilung. — Das Absterben durch Magnesiumsalze konnte weder durch Zusatz von Kalium- oder Natriumsalzen, noch durch Zufuhr organischer Nährstoffe (0,5 % Methylalkohol oder Glycerin) zur Versuchslösung verhindert werden — sondern nur durch Zufuhr von Calciumsalzen! — Einige Fäden von *Spirogyra majuscula* wurden einerseits in 0,1 procentige Lösung von Magnesiumnitrat gebracht, andrerseits in solche, die ausserdem noch 0,3 % Calciumnitrat enthielt. Dort starben die Zellen nach wenigen Tagen,[1]) hier blieben sie wochenlang lebendig!

---

1) Die Zeit, innerhalb welcher blosse Lösungen von Magnesiumsalzen tödtlich wirken, hängt daher mit der grösseren oder geringeren Menge gespeicherter Kalksalze zusammen; auch anhängender kohlensaurer Kalk beeinflusst das Resultat, da er mit den meisten Magnesiasalzen sich umsetzt und löslich wird.

Es mag nebenbei erwähnt werden, dass Spirogyren 5—6 Wochen lang auch in reinstem destillirten Wasser am Leben bleiben können. Ist die Flasche verschlossen, welche pro Liter Wasser nur wenige Fäden enthalten darf, so stellt sich bald ein Gleichgewicht zwischen Athmung und Assimilation ein, es dient nur die durch Athmung erzeugte Kohlensäure wieder zur Assimilation, die Menge der Stärke kann nicht zunehmen. Der Stoffwechsel ist auf ein Minimum beschränkt, da bei dem Mangel aller Nährsalze Eiweissbildung und Zelltheilung unterbleiben.

Die schädliche Wirkung der Magnesiumsalze macht sich in auffallender Weise auch bei Wurzeln von Keimlingen bemerklich. Keimlinge von *Vicia* und *Pisum* treiben in 0,5 procentigen Lösungen von schwefelsaurer oder salpetersaurer Magnesia keine neuen Nebenwurzeln mehr und Wurzelhaube sowie Epidermiszellen sterben nach einigen Tagen ab. In einer ebenso starken Lösung von salpetersaurem Kalk, ferner in einer gesättigten Gipslösung bleibt die Wurzel am Leben und treibt Nebenwurzeln, wenn auch langsamer als in blossem destillirten Wasser.

Bei Phaseolus-Keimlingen, welche in eine Lösung von 1 ‰ Magnesiumsulfat mit 1 ‰ Monokaliumphosphat gesetzt wurden, bemerkte ich ein Absterben der Wurzel nach fünf Tagen, bald darauf sistirte auch der Spross jede Weiterentwickelung und starb ab.

Solche Beobachtungen wurden schon mehrmals gemacht, blieben aber unbeachtet — weil unerklärt. So theilte W. Wolf mit,[1] dass es ihm nicht gelang, in Lösungen von schwefelsaurer Magnesia Bohnenpflanzen mit gesunden Wurzeln fortzubringen. Die Wurzeln verloren ihre Turgescenz, die Zellenthätigkeit in den Wurzeln war vernichtet. „Es ist möglich, dass auch dieses Salz vielleicht von den Wurzeln zersetzt wird und dass ein Zersetzungsproduct zerstörend auf die Pflanzenzellen wirkt.“

Die absoluten und relativen Mengen der gespeicherten Calcium- und Magnesiumsalze bedingen Intensität und Art der pathologischen Erscheinungen, wenn Samen in kalk- resp. magnesiafreien Nährlösungen gezogen werden. Es sei hier auch auf die Beobachtungen an Bohnenpflanzen hingewiesen, welche Raumer und Kellermann (l. c. S. 31) beschrieben. Die Wurzeln wuchsen in den kalkfreien (aber magnesiahaltigen) Nährlösungen nicht mehr in die Länge, sondern nahmen an Dicke zu, bildeten keine Seitenwurzeln mehr,

---

1) Landw. Versuchstationen 6, 218.

sondern nur „ganz kurze, dicke, fast warzenförmige Gebilde", die Wurzelhaube starb ab. Als das Magnesiumnitrat aus der kalkfreien Nährlösung weggelassen wurde und nur noch das Magnesiumsulfat blieb, trat eine so vollständige Missbildung der Wurzel nicht ein.[1])

Lehrreich ist es, die Wurzelentwickelung von Tradescantiazweigen in kalk- und magnesiafreien Nährlösungen zu beobachten. Ich stellte drei Nährlösungen zu je ½ Liter her, die erste (volle) enthielt:

Monokaliumphosphat	0,1 ‰
Kaliumnitrat . . .	0,5
Natriumsulfat . . .	0,2
Calciumnitrat . . .	0,5
Magnesiumsulfat . .	0,2
Eisenvitriol . . .	Spur.

Bei der zweiten Lösung (b) fehlte das Calciumsalz, bei der dritten (c) das Magnesiumsalz. Aus den untersten Knoten der 10 cm langen Zweige brachen nach sechs Tagen 5—6 Würzelchen hervor, welche sich während der ersten zwei Wochen ziemlich rasch entwickelten. Höchst bemerkenswerth war nun die Verschiedenheit der Entwickelung der Wurzelhaare, welche in der kalkhaltigen Lösung (c), in der Magnesia mangelte, einen dichten Wald bildeten und ¼ cm Länge erreichten,[2]) in der kalkfreien, aber magnesiahaltigen, Lösung jedoch nur sehr spärlich zu sehen waren und sehr kurz blieben. Andrerseits waren die Wurzeln selbst in letzterer Lösung (b) länger als in ersterer (c) und maassen 4,1 cm gegen 3,2 cm.

Der Kalkmangel der Lösung resp. die schädliche Wirkung des Magnesiagehalts konnte sich nur an der Epidermis äussern und verhinderte hier die volle Entwickelung der Wurzelhaare, während die inneren Theile genügend Calciumsalze aus den Knoten eine Zeit lang zugeführt erhielten, um nicht nur die schädliche Wirkung der Magnesiumsalze völlig paralysiren zu können, sondern sogar deren Ernährungseffect in das hellste Licht treten zu lassen; denn die Wurzeln waren ja fast um ein Drittel länger als bei Magnesiamangel (Erklärung hiefür weiter unten). Dass diese in kalkfreier Lösung gezogenen Wurzeln doch Kalk enthielten, resp. aus dem Knoten bezogen hatten,[3]) lehrte die Behandlung der Asche mit etwas concentrirter

1) Bei einem grösseren Gehalt der Bohnen an Calciumsalzen wäre offenbar diese Missbildung in kalkfreier Nährlösung weniger zum Vorschein gekommen.

2) Auch in der vollen Controllösung standen die Wurzelhaare sehr dicht, waren aber kürzer.

3) Siehe oben S. 373. Es war hier dieselbe Species.

Schwefelsäure, nach deren Abdampfen mit Salzsäurezusatz bald die charakteristischen Gipsnadeln zu sehen waren. Dass Magnesiasalze niemals schaden, wo Calciumsalze in genügender Menge vorhanden sind, ging auch daraus hervor, dass verschiedene Samen (*Vicia, Lupinus, Helianthus* etc.) nicht ihre Keimfähigkeit verloren, als sie zwei Tage in einer 0,2 procentigen Lösung von Magnesiumnitrat aufquellen gelassen wurden. Seit lange ist festgestellt, dass Magnesiumsalze unentbehrlich für die Pflanzen sind; wie kommt es nun, dass sie bei Ausschluss von Calciumsalzen so schädlich wirken? Wie ist es zu erklären, dass bei Anwesenheit von Calciumsalzen ihre schädliche Wirkung gar nicht zum Vorschein kommt?

Hierauf gibt es nur eine Antwort und diese wird gegeben durch die Schlussfolgerungen, welche wir oben aus dem Verhalten der Pflanzenzellen gegen neutrales Kaliumoxalat und höchst verdünnte freie Oxalsäure gezogen haben. Enthält der Chlorophyllkörper ein Gerüst bestehend aus der Calciumverbindung des Plastins[1]) und der Zellkern ein Gerüst bestehend aus der Calciumverbindung des Nucleins, so wird bei der Einwirkung von Magnesiumsalzen starker Säuren ein Austausch von Calcium gegen Magnesium stattfinden müssen. Hiedurch wird aber auch die physikalische Beschaffenheit der Gerüstsubstanz verändert, die Quellungscapacität wird eine andere und wahrscheinlich die Festigkeit verringert. Dieses bringt aber eine Structurstörung mit sich, infolge deren auch Umlagerung des activen Proteinstoffs zu passiven erfolgt. Die Symptome beim Absterben durch schwefelsaure Magnesia sind in der That die gleichen wie bei verdünnter Lösung von oxalsaurem Kali, wenn auch die Wirkung weit langsamer sich vollzieht. Nach 12 Stunden zeigt sich bei der Einwirkung einer 1 procentigen Lösung von schwefelsaurer Magnesia auf Fäden der *Spirogyra majuscula* zunächst der Kern angegriffen, meist gequollen wie bei kurzer Einwirkung einer 0,5 procentigen Kaliumoxalatlösung. Durch den Uebergang des Kerns von der Linsen- in die Kugelform werden aber die Plasmastränge nachgezogen und infolge dessen

1) Ich fasse das Plastin lediglich als eine polymere Modification des Nucleins auf, so lange nicht durch genauere chemische Untersuchungen eine andere Auffassung nöthig wird. — Offenbar bestehen auch die Plasmastränge zum grossen Theil aus nucleinartiger Materie; denn nach Behandlung mit Pepsinsalzsäure bei 30—35° bleiben auch diese ihrer äusseren Form nach ungelöst (bei Spirogyra), und färben sich dann ebenso intensiv wie der Kern durch Farbreagentien. E. Zacharias hat jene Unlöslichkeit nach gütiger Privatmittheilung schon früher beobachtet.

entsteht eine Einschnürung des Cytoplasmas in der Region ihrer Anheftungsstellen. Viele Zellen sind aber noch scheinbar unversehrt. Nach 20 Stunden ist auch eine Verquellung der Chlorophyllbänder in vielen Zellen bemerklich, das Cytoplasma ist aber überall noch gesund. Nach 40 Stunden sind nicht nur der Zellkern überall, sondern auch fast überall die Chlorophyllkörper bedeutend verquollen, auch das Cytoplasma ist (wohl infolge der abgestorbenen Chlorophyllbänder) meist schon todt. Nur wenige Zellen haben noch Turgor.

Eisenvitriol (in 1procentiger Lösung) wirkt ganz analog dem Bittersalz, wenn auch weit rascher. Nach 12 Stunden ist der Zellkern überall todt, meist geschrumpft (wenn auch nicht so stark wie bei der 2procentigen Kaliumoxalatlösung), seltener gequollen. Das Chlorophyllband zeigt fast überall schon bedeutende Verquellung und bei einer Anzahl Zellen ist auch das Cytoplasma bereits todt, was sehr leicht bei dem häufigen Gerbstoffgehalt der Zellen an der Blaufärbung des ganzen Inhalts kenntlich ist. Nach 20 Stunden sind nur wenige Zellen mehr am Leben und noch farblos, sie haben noch Turgor, da sie sich nach beiden Seiten auswölben wenn die Nachbarzellen bereits todt sind, und bei diesen wenigen Zellen ist nicht nur der Zellkern völlig geschrumpft, sondern auch die Chlorophyllkörper mehr oder weniger aus der normalen Lage gebracht und contrahirt.

Weit heftiger wirkt der Kupfervitriol. Eine 1procentige Lösung tödtet schon nach einer Stunde alle Zellen der *Spirogyra majuscula*. Wenn auch hier zuerst der Kern sich contrahirt, so bleibt doch kaum ein Zweifel, dass hier noch eine andere Ursache der Giftwirkung als die bei Bittersalz und Eisenvitriol anzunehmende vorhanden ist; denn hier zeigt sich die Giftwirkung noch bei erstaunlich grosser Verdünnung.

Die schädliche Wirkung der Magnesiumsalze tritt im Vergleich zu derjenigen der Ferrosalze nur langsam ein und desshalb kann sie bei Gegenwart von Calciumsalzen auch so schnell wieder aufgehoben werden, dass keine weiteren Folgen zu beobachten sind. Diese merkwürdige Thatsache bestätigt aber unsere oben ausgesprochene Auffassung: Sind nämlich genügende Mengen von Calciumsalzen in der Lösung vorhanden, so kann nach dem Gesetz der Massenwirkung die umgekehrte Reaction eintreten d. h. das in die organsirte Kernsubstanz an Stelle von Calcium getretene Magnesium wird wieder durch Calcium ersetzt. Solche mit der Massenwirkung zusammenhängende Rückverwandlungen sind ja

nichts Seltenes im Gebiete der Chemie[1]) und dürften im lebenden Protoplasma noch leichter stattfinden, als in den Apparaten des Chemikers.

Es wird uns nun verständlich, warum Magnesiumnitrat schädlich wirkt, aber nicht Kaliumnitrat, warum Magnesiumsulfat schadet, aber nicht Kaliumsulfat, warum oxalsaures Kali sich anders verhält als weinsaures. Ist nun für eine genügende Menge von Calciumsalzen gesorgt, so können die Magnesiumsalze nur ihre ernährenden Eigenschaften entfalten, welche in der leichten Dissociation der Salze begründet sind. Bei der Assimilation des Stickstoffs aus Nitraten fällt dieser Umstand noch wenig ins Gewicht, da Kalium- und Natriumnitrat noch ziemlich leicht reducirt werden.[2]) Bei Assimilation des Schwefels dürfte das Calciumsulfat schon erheblich besser verwendbar sein als die Sulfate der Alkalimetalle; bei Assimilation der Phosphorsäure aber wird unter gewöhnlichen Umständen wesentlich nur das Magnesiumphosphat in Betracht kommen. In den complicirten Gemischen von Nährsalzen in der Pflanze ist ja immer Gelegenheit zur Bildung von Magnesiumphosphaten gegeben. Ist nun so secundäres Magnesiumphosphat gebildet, so hat damit die Assimilation der Phosphorsäure bei der Bildung von Nuclein, Plastin und Lecithin die denkbar grösste Erleichterung gefunden, denn jenes Salz spaltet sich leicht (z. B. schon beim Kochen mit viel Wasser) in freie Phosphorsäure und tertiäres Salz:

$$\underbrace{3\,PO_4MgH}_{\text{Secundäres Magnesiumphosphat}} = \underbrace{PO_4H_3 + (PO_4)_2Mg_3}_{\text{Tertiäres Magnesiumphosphat}}$$

Es kommt aber ausser der leichten Spaltbarkeit noch die grössere Löslichkeit gegenüber dem Calciumphosphat in Betracht. Wenn

1) Ich erinnere an die Umsetzung zwischen Bariumsulfat und Kaliumcarbonat einerseits, an die zwischen Bariumcarbonat und Kaliumsulfat andrerseits (Moderne Theorien der Chemie von Lothar Meyer S. 506), ferner an die Zersetzung von Eisenoxyd durch Wasserstoff beim Glühen einerseits und an die reciproke Zersetzung von Wasserdampf durch glühendes Eisen andrerseits.

2) Ich habe zuerst gezeigt, dass Nitrate leicht auf katalytische Weise zu Ammoniak reducirt werden können (Ber. d. Deutsch. Chemischen Gesellschaft 23, S. 675), wenn sie mit Glucose und Platinmohr digerirt werden. Es handelt sich weder hier, noch im Protoplasma um nascirenden Wasserstoff. Weiteres über solche Vorgänge werde ich später mittheilen. — Die von Kuhlmann zuerst mitgetheilte Thatsache, dass Calciumnitrat eine weniger günstige N-Quelle ist für Gramineen als Natriumnitrat (jedenfalls bei kalkreichem Boden) ist vielleicht so zu erklären, dass unter gewissen Umständen das Calciumnitrat rascher reducirt wird als die Eiweissbildung erfordert und desshalb etwas Ammoniak entsteht, dessen Salze oberhalb eines gewissen Minimums hemmend auf die Lebensthätigkeit einwirken können.

man z. B. 100 ccm einer 0,2 proc. Lösung von Dinatriumphosphat einerseits mit einigen Cubikcentimenter einer 10 proc. Lösung von Magnesiumnitrat, andrerseits mit der entsprechenden Menge Calciumnitrat versetzt, so bildet sich sofort ein Niederschlag im letzteren Falle, während im ersteren die Mischung völlig klar bleibt. Das secundäre Magnesiumphosphat ist also auch leichter „wanderungsfähig“ als das secundäre Calciumphosphat.

Ist unsere Auffassung richtig, so wird sich das schwerlösliche tertiäre Magnesiumphosphat da anhäufen, wo Nucleinbildung resp. rege Zellenbildung stattfindet.[1]) Da die Nucleinbildung ein Unlöslichwerden des (secundären) Magnesiumphosphats (Bildung des tertiären) bedingt, so ist nun begreiflich, warum stets neues lösliches Magnesiumphosphat zuströmt und an den Orten regster Zellneubildung sich Magnesia und Phosphorsäure anhäufen. Es erklärt sich, warum Magnesia ebenso wie die Phosphorsäure „den Eiweissstoffen folgt“, und warum die Samen relativ reicher an Magnesia sind als die Blätter. Es erklärt sich, warum Magnesiasalze die Zelltheilung befördern, warum Spirogyrenzellen sich rascher vermehren bei Gegenwart von Magnesiasalzen (in sonst guten Nährlösungen), und warum bei dem oben geschilderten Versuch mit *Tradescantia* die Wurzeln in der magnesiahaltigen Nährlösung länger geworden sind als in der magnesiafreien. Es bildet sich eben überall durch Wechselwirkung das secundäre Magnesiumphosphat, der Träger der Phosphorsäure bei der Kernbildung.

Ist gegenüber den phosphorsauren Alkalien die Menge der Magnesiumsalze nur gering, zugleich aber diejenige der Calciumsalze sehr gross, so wird sich wesentlich Calciumphosphat und nur ungenügende Mengen Magnesiumphosphat bilden können; daher wird die Bildung von Nuclein und Plastin und damit Neubildung von Zellkernen und Chloroplasten sehr verlangsamt werden, d. h. die Zellvermehrung wird verzögert. — Ein Versuch mit *Spirogyra Weberi* bestätigte diese Folgerung. Zwei Lösungen mit 1 ‰ Calciumbicarbonat resp. 1 ‰ Magnesiumbicarbonat erhielten je noch folgende Zusätze: 0,5 ‰ Calciumnitrat, 0,1 ‰ Magnesiumsulfat, 0,05 ‰ Monokaliumphosphat und Spur Eisenchlorid. Geringe und möglichst gleiche Mengen der Alge wurden in die Nährlösungen (je 1 Liter) gebracht und öfters etwas

---

1) Die Asche der Samen enthält allerdings oft nicht die tertiären Phosphate, weil beim Einäschern die Phosphorsäure des Nucleins (und Lecithins) wieder frei wird und saure Phosphate resp. Pyrophosphate liefert, falls keine Carbonate in der Asche sich vorfanden.

kohlensäurehaltige Luft (aus der Lunge) durchgeblasen. Nach drei Wochen Stehen bei 10—12° war nun der Unterschied höchst bemerkenswerth. Beim Magnesiumbicarbonat war die Algenmasse weit bedeutender, mindestens auf das Dreifache der anderen Cultur zu schätzen. Das Chlorophyllband war dort eng gewunden und reich an Stärke, hier beim Calciumbicarbonat langgestreckt und frei von Stärke. Die einzelnen Zellen hatten sich hier noch gestreckt, allein das Chlorophyllband war nicht im Verhältniss dazu gewachsen und der Zellkern besass nicht mehr die nöthige Energie, eine so rasche Zelltheilung herbeizuführen, als im andern Falle.

Die Ablagerung des tertiären Magnesiumphosphats in den Samen hat aber wieder einen grossen Nutzen für den sich entwickelnden Embryo. Derselbe bildet Säuren, welche das tertiäre Phosphat unter partieller Entziehung von Magnesia wieder in das secundäre verwandeln, welche nun wieder von grösstem Nutzen für Zellenbildung und Vermehrung ist und das rasche Wachsthum des Embryos ermöglicht. Die zugleich gebildeten Magnesiumsalze organischer Säuren können sich aber wieder mit den vorhandenen Alkaliphosphaten[1]) umsetzen und wieder secundäres Magnesiumphosphat liefern, so dass also ein und dieselbe Magnesiummenge öfters verwendbar wird. .

Die Rückverwandlung tertiären Magnesiumphospats in secundäres kann aber auch schon im reifenden Samen mehrmals erfolgen, ferner in den Blättern, von wo das secundäre Salz schliesslich „auswandern“ kann, um im reifenden Samen verwendet zu werden zur Bildung von Nuclein, Lecithin, der phosphorsäurehaltigen Caseine und mancher Salze saurer Phosphorsäure-Ester.[2]) Auch für viele Pilze scheinen Magnesiumsalze von grossem Nutzen zu sein, was angesichts des Nuclein- und Lecithingehaltes wohl begreiflich ist. Bei *Penicillium* allerdings konnte ich keine erhebliche Aenderung des Erntegewichts beobachten, als ich eine magnesiafreie mit einer magnesiahaltigen Nährlösung verglich.[3]) Bei anderen Pilzen, besonders solchen, welche Gährthätigkeit ausüben, scheinen Magnesiumsalze dagegen wichtiger

1) Die Anhäufung der Alkaliphosphate in den Samen wird jedenfalls dadurch begünstigt, dass sie befähigt sind, lockere Verbindungen mit den Proteinstoffen einzugehen.

2) Vgl. Globoide, Pfeffer, Pflanzenphysiologie I S. 339.

3) Vgl. auch Nägeli, Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss. (Juli 1879) S. 365. Bei der sauren Reaction der Nährlösungen für Schimmelpilze kann sich lösliches primäres Calciumphosphat bilden, aus welchem ein energisches Protoplasma wohl auch Phosphorsäure zu assimiliren vermag. Das muss aber mit der Annäherung an die neutrale Reaction immer schwieriger werden.

zu sein. So schreibt Adolf Mayer[1]): „Auch einige niedere chlorophyllose Organismen wie die Bierhefe scheinen des Magnesiums nicht entrathen zu können und ist für diese Gruppe von Organismen jedenfalls dieser Aschenbestandtheil von viel höherer Bedeutung als das Calcium, eine Thatsache, die bei dem Ausbau der Theorie der Wirksamkeit dieser Aschenbestandtheile von Wichtigkeit sein wird".

Bei *Mycoderma Vini* (Kahmpilz) hat Winogradzky gezeigt,[2]) dass Magnesiumsalze weder durch Calcium- noch durch Strontiumsalze ersetzt werden können. Wo Magnesiumsulfat in der Nährlösung vorhanden war, entwickelte sich eine schöne Haut; wo es aber durch Calcium- oder Strontiumsulfat ersetzt wurde, blieb jede Entwickelung aus. (Zu versuchen wäre hier noch Berylliumsulfat.) Kalksalze, die eine so grosse Wichtigkeit für die grünen Pflanzen haben, sind nach Winogradsky bedeutungslos für *Mycoderma.*[3]) In der That sind auch Magnesiumsalze bei Ausschluss von Calciumsalzen nicht schädlich für Spalt- und Sprosspilze, was ebenfalls einen bedeutenden Unterschied gegenüber grünen Pflanzen ausmacht. Sprosshefe leidet nicht im Geringsten, wenn sie stundenlang mit 1 procentiger Lösung von Magnesiumnitrat auf 25—30° erwärmt wird. Das lässt schliessen, dass hier keine calciumhaltigen wichtigen Organe vorhanden sind. Wie empfindlich sind hier die Spirogyrenzellen!

Um zu prüfen, ob ein Magnesiagehalt der Nährlösung günstig auf die Gährthätigkeit bei Fäulnisspilzen wirkt, wurde eine Peptonlösung in fünf gleiche Theile getheilt. Die Controlprobe enthielt keinen Zusatz, die anderen Proben je 1% der Nitrate von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium. Alle Proben wurden mit Fäulnisspilzen inficirt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen. Nach 2 Tagen war überall Trübung zu bemerken, am meisten bei der Controlprobe; der Zusatz der Salze wirkte hemmend auf die Bacterienentwickelung. Nach 10 Tagen wurde die Intensität der Ammoniakbildung durch die Reaction mit Nesslers Reagens ver-

---

1) Lehrbuch der Agriculturchemie 3. Aufl., I. 274 (1886).

2) Bot. Centralblatt XX S. 165 (1884).

3) Man kann bei Kalkmangel auch ein sehr üppiges Bacterienwachsthum beobachten. Ich inficirte eine Lösung, welche enthielt: je 0,5% Glucose und Asparagin, je 0,05% Dikaliumphosphat und Magnesiumsulfat und 0,5% neutrales Kaliumoxalat mit einer Spur faulig gewordener Presshefe. Nach zwei Tagen bei 30° waren dichte weisse Flocken gebildet und intensive Trübung eingetreten, herrührend von einer Unmasse lebhaft sich bewegender Stäbchen. Von einem Gehalte der Lösung an nennenswerthen Kalkspuren kann hier bei Gegenwart des Oxalats wohl kaum die Rede sein.

glichen. Bei der Controlprobe und der Magnesiaprobe war die Ammoniakbildung am intensivsten, halb so stark bei der Natron- und Kali-Probe und nur etwa 1/3 so stark bei der Kalkprobe; somit wirkte das Calciumsalz weit weniger gährungsfördernd als das Magnesiumsalz, was weiteres Studium verdiente, besonders mit Rücksicht auf pathogene Pilze.

Die oxydative Thätigkeit scheint unter dem Einflusse von Magnesiumsalzen nicht intensiver zu sein als unter dem anderer Salze. Ich setzte zu einer Nährlösung, welche als einzigen organischen Körper 0,5 % salicylsaures Natron enthielt, noch je 0,2 % verschiedene Chloride (KCl, NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$) und liess die Mischungen in geräumigen lufthaltigen Kolben nach Infection aus fauliger Peptonlösung mehrere Wochen stehen. Wurde nun nach Eindampfen und Ausschütteln mit Aether nach dem Ansäuern der Aetherrückstand in Wasser gelöst, mit Eisenchlorid geprüft, so wurde bei gleichstarker Verdünnung kein erheblicher Unterschied der Reaction, also kein bedeutender Unterschied im Verbrauch der Salicylsäure wahrgenommen; auch die Intensität der Bacterienvegetation war nahezu überall gleich.

Ueber den Ersatz von Magnesium durch Beryllium ist bislang nur ein einziger Versuch gemacht worden und zwar von Sestini.[1]) Magnesium und Beryllium stehen einander so nahe, wie Natrium dem Lithium. Die Berylliumsalze dissociiren sich so leicht wie Magnesiumsalze und sollten naturgemäss auch diese vertreten können. Sestini brachte in der That Weizen bis zur Fruchtbildung bei dieser Substitution. Die Körner wurden in Flusssand ausgesät, der mit Salzsäure extrahirt war. Zum Begiessen dienten im Ganzen acht Liter Nährlösung, enthaltend 1,60 g Berylliumsulfat (im Controlversuch 1,44 g Magnesiumsulfat, die aequivalente Menge). Die Pflanzen erreichten eine Höhe von 90—95 cm und trugen reife Aehren, doch blieben die Berylliumpflanzen hinter den Magnesiumpflanzen zurück, wie folgende Daten erkennen lassen:

	Magnesiumpflanzen	Berylliumpflanzen
Zahl der Körner	322	283
Gewicht der Körner . .	15,20 g	12,31 g
Gewicht eines Kornes . . .	0,472 g	0,435 g

Die Asche der Berylliumpflanzen enthielt nahe 2 % Berylliumoxyd. — Nun wurden die erhaltenen Samen wieder gesät und nochmals in der gleichen Weise mit der berylliumhaltigen aber magnesia-

1) Centralblatt für Agriculturchemie 1890 S. 464 und 1891 S. 558. Nach Le Staz. Agrar. Ital. Bd. 20.

freien Nährlösung begossen. Von 20 der ausgesäten Samen der Berylliumpflanzen keimten nur sieben und nur drei Pflanzen lieferten wieder Körner. Die erhaltenen 14 Körner wogen zusammen nur 0,37 g, also 1 Korn nur 0,026 g. Sestini schloss hieraus, dass zwar ein Theil der Functionen des Magnesiums, aber nicht alle durch Beryllium übernommen werden können und dass bei der Embryoausbildung ein Defect stattfinde.[1]) Derartige Versuche können manche wichtige Aufschlüsse bringen, besonders auch darüber, ob protoplasmatische Magnesiumverbindungen neben Calciumverbindungen an der Organisation des Zellkernes betheiligt sind.

Ob bei nieder stehenden Pflanzen, wie Algen, das Calcium durch das ihm so nahe stehende Strontium bei allmählichem Vorgehen ersetzt werden kann, müssen weitere Versuche lehren. Einige orientirende Versuche mit Spirogyren ergaben mir Folgendes: Bei ca. 28° C. wird wohl Calciumnitrat bei einer Verdünnung von 0,3 % 15—20 Stunden lang ertragen, aber nicht Strontiumnitrat. Eine grosse Anzahl von Zellen der *Spirogyra majuscula* waren in letzterem Falle abgestorben. Die überlebenden aber blieben nachher in derselben Lösung noch länger als acht Tage bei 16° lebendig, ja es wurde sogar Theilung der Zellen beobachtet (die Zellen waren ursprünglich reich an im Zellsaft gespeichertem activen Eiweiss). Ferner habe ich beobachtet, dass während diese Spirogyren in einer 0,1 procentigen Lösung von Magnesiumnitrat nach zwei Tagen bei 20° zu Grunde gingen, sie nach acht Tagen bei Zusatz von 0,3 % Strontiumnitrat noch zum Theile lebend waren. Das Strontiumnitrat wirkt also — wenn auch weit unvollkommener wie das Calciumnitrat — der Giftwirkung der Magnesiumsalze entgegen.

In einer vollen Nährlösung, welche statt des Calciumnitrats Strontiumnitrat enthielt, lebten die Spirogyren (bei 10—14° C.) längere Zeit. Der Schwefel wurde hier wegen der Schwerlöslichkeit des sich bildenden Strontiumsulfats als formaldehydschwefligsaures Natron gegeben. Die Zusammensetzung der Nährlösung war folgende:

Strontiumnitrat	0,5 ‰
Magnesiumnitrat	0,1
Natriumnitrat	0,2
Monokaliumphosphat	0,1
Formaldehydschwefligsaures Natron	0,1
Eisenchlorid	Spur.

1) Knop erwähnt (Ann. Chem. Pharm. 129 S. 287), dass weder Kalk noch Magnesia durch isomorphe Basen in den Pflanzen ersetzt werden können, er beschreibt jedoch die Versuche nicht.

Nach drei Wochen sahen die meisten Zellen noch recht gut aus. Da das Strontium dem Calcium weit näher steht als das Magnesium, so werden auch die zu Organisationszwecken verwendbaren Verbindungen einander weit ähnlicher sein und nahezu das gleiche Quellungsvermögen besitzen, so dass Structurstörungen voraussichtlich weit langsamer erfolgen werden. Auch Bariumsalze werden längere Zeit ertragen. In einer 0,5 procentigen Lösung von Bariumnitrat waren Fäden von *Spirogyra majuscula* nach zwei Wochen noch gesund, sie führten sogar mehr Stärkekörner als die Controlalgen in salpetersaurem Kalk; nur wenige Zellen waren todt.

Resumé.

Neutrale oxalsaure Salze sind nicht nur giftig für Phanerogamen wie Schimper fand,[1] sondern auch für Algen; nicht dagegen für niedere Pilze. Eine 2 procentige Lösung neutralen Kaliumoxalats bringt binnen 5—10 Minuten den Kern von Spirogyrenzellen zur Contraction, hierauf wird das Chlorophyllband ergriffen.

Freie Oxalsäure wirkt, wie schon Migula fand und ich bestätigen kann, selbst bei sehr bedeutender Verdünnung als ein intensives Gift auf Spirogyrenzellen.

Magnesiumsalze wirken bei Abwesenheit von Calciumsalzen giftig auf höher- wie niederstehende chlorophyllhaltige Pflanzen. Bei Gegenwart genügender Mengen von Calciumsalzen kommt keine Spur dieser Giftwirkung zum Vorschein und die Magnesiumsalze entfalten dann lediglich ihre ernährende Thätigkeit, welche — nach Bildung des secundären Magnesiumphosphats — darin besteht, dass dieses der Träger der Phosphorsäure für die Bildung von Nuclein, Plastin, der Caseine und des Lecithin ist.

Die geschilderten Giftwirkungen neutraler Oxalate einerseits, der Magnesiumsalze andererseits, sowie der Umstand, dass die schädlichen Wirkungen der letzteren bei Anwesenheit von Calciumsalzen sich gar nicht geltend machen, finden ihre einfachste Deutung, wenn Chlorophyllkörper und Zellkern aus Calciumverbindungen von Nuclein (und Plastin) aufgebaut sind. Da das Nuclein einen sauren Charakter besitzt, wird ohnediess die Anwesenheit einer Base im Zellkern erfordert. Wird das Calcium jenen Organoiden entrissen (als Oxalat gefällt, oder durch Magnesium ersetzt), so ändert sich das Quellungs-

1) Es ist somit nicht zu bestreiten, dass Calciumsalze eine sehr wichtige Function ausüben, wenn sie die gebildeten Oxalate als Calciumoxalat fällen.

vermögen der lebenden Materie, was eine Structurstörung und infolge dessen eine chemische Umlagerung, den Tod, herbeiführt.

Die eingangs hervorgehobenen Verhältnisse in der Vertheilung des Kalks und der Magnesia in den Pflanzen finden nun eine einfache Erklärung: die Chlorophyllkörper führenden Organe müssen auch die kalkreichsten sein; denn hier wird der Kalk nicht nur im Kern sondern auch in den Chlorophyllkörpern fixirt. Andrerseits finden wir da, wo am meistens Phosphorsäure gebraucht wird — in den Samen —, auch die relativ grössten Mengen von Magnesia. Wir müssen folgern, dass an der Herstellung von Kern und Chloroplasten sowohl Calcium- als auch Magnesiumsalze betheiligt sind, erstere direct, letztere indirect, und es ist klar, dass eine bedeutende relative Verminderung der einen Klasse von Salzen gegenüber der anderen eine normale gesunde Entwickelung der Pflanzen beeinträchtigen muss. Es wird auch verständlich, warum die beiden Klassen von Salzen einander nicht vertreten können und warum „Magnesium in der Pflanze beweglicher ist als das Calcium." — Es lässt sich nun ferner eine plausible Erklärung geben für die von Boehm, Raumer und Kellermann gezogenen Schlüsse, dass der Kalk beim Stärketransport betheiligt ist, resp. der Kalk bei der Verarbeitung der Kohlehydrate eine Rolle spiele.

Niedere Pilze verhalten sich — wahrscheinlich wegen etwas abweichender chemischer Beschaffenheit des Zellkerns — gänzlich verschieden von den grünen Pflanzen in den geschilderten Beziehungen. Für sie sind weder Magnesiumsalze bei Abwesenheit von Calciumsalzen schädlich, noch Oxalate giftig. Der Umstand, dass Schimmelpilze bei stark saurer Reaction der Nährlösung Magnesiumsalze entbehren können, ist dadurch am einfachsten zu erklären, dass unter diesen Umständen Phosphorsäure auch aus Calciumphosphat assimilirt werden kann.

Pflanzenphysiologisches Institut zu München, im Mai 1892.

Beitrag zur Erforschung der Aggregationsvorgänge in lebenden Pflanzenzellen.

Von

Dr. Paul Klemm.

INHALT.

I.

Aggregation und deren Zusammenhang mit Löw-Bokorny's Hypothese vom aktiven Eiweiss.

Aggregation und aktives Albumin. — Beziehung der Silberabscheidung zur Aggregation — Voraussetzungen für die Richtigkeit der L.-B.'schen Schlüsse. — Basis dieser Voraussetzungen.

Es ist in der Zellphysiologie wohl kaum eine überraschendere Reaction bekannt, als die, für welche sich der Name Aggregation eingebürgert hat, welche man in lebenden Zellen einer Anzahl von Pflanzen dadurch hervorrufen kann, dass man sie mit verdünnten Lösungen basischer Körper, z. B. von Ammoniak, Ammonsalzen und Alkaloïden behandelt, und welche in einer fast augenblicklichen Ausscheidung zahlreicher Körnchen im Innern der Zelle besteht.

An dieser Erscheinung, zunächst von Darwin an den Droseratentakeln, sowie an Wurzeln einer Reihe anderer Pflanzen studirt,

dann gelegentlich von anderen Forschern (Pfeffer, De Vries, Klercker) berührt, haben besonders Löw und Bokorny in der letzten Zeit lebhaftes Interesse bethätigt. Dieses Interesse entsprang dem Gedanken, dass die Erscheinung in Zusammenhang zu bringen sei mit der Existenz des Löw'schen hypothetischen „aktiven Albumins". Sie kommen zu dem Schluss, dass der im Innern der Zelle befindliche, die Ursache der Erscheinung bildende Körper nichts anderes sei, als eben jenes „aktive Albumin".

Damit ist die Erscheinung mit Problemen in Zusammenhang gebracht, die zu den schwierigsten und äussersten Aufgaben der Zellphysiologie gehören, nämlich mit der Erforschung der chemischen Factoren des Lebens, der „chemischen Kraftquelle des Lebens", also hinübergespielt auf eine Frage von höchster Bedeutung für die gesammte Physiologie, nicht allein die der Pflanzen.

Der Gedanke taucht zuerst auf in der Arbeit L. und B.'s: „Ueber das Vorkommen von aktivem Albumin im Zellsaft und dessen Ausscheidung in Körnchen durch Basen" (Bot. Ztg. 1887), ist dann an der Hand eines umfangreichen aber wenig kritischen Beobachtungsmaterials in ausgedehnter Weise von Bokorny, der sich dem Nachweis des hypothetischen aktiven Albumins in der Zelle besonders gewidmet hat, in seiner Arbeit „Ueber Aggregation" (Prgsh. Ib. 20) des Weiteren erörtert und seither wiederholt in kleinen Aufsätzen (s. d. Zusammenstellung der Litteratur) vertheidigt worden.

Eine gedrängte Darstellung der Anschauung und ihrer Grundlagen gaben L. und B. zuletzt in dem Aufsatz: „Versuche über aktives Eiweiss für Vorlesung und Praktikum" (Biol. Centralbl. XI. 1891).

Diese Anschauungen haben übrigens eine Wandlung erfahren, sie weichen in wichtigen Punkten von den früher aus einander gesetzten ab. Die Wandlung läuft darauf hinaus, dass für den Nachweis nur solche Objecte als „geeignet" in Anspruch genommen werden, welche einen noch nicht organisirten Vorrath an aktivem Eiweiss besitzen[1]) — das sind die, welche der Aggregation fähig sind. L. und B. gestehen damit selbst zu, dass der Nachweis nur bei solchen Objecten glücke, d. h. ohne Aggregation (Granulation) keine Silberabscheidung; eine Beschränkung, welche weder mit den früheren Anschaungen L. und B.'s, noch mit der Allgemeinheit, welche der Theorie nach diesem Körper zukommen muss, vereinbar ist.

---

1) Versuche über aktives Eiweiss für Vorl. und Prakt. Biol. Centralbl. XI, Separatdr. S. 2.

Zudem fliessen bei B. auch Beobachtungsfehler unter,[1]) die nur erklärlich sind, wenn der Beobachter, im Banne vorgefasster Meinung sich befindend, die nöthige Umsicht bei den Untersuchungen vernachlässigte.

Da überdies das ganze Vorgehen B.'s kein induktives ist, so ist es gekommen, dass die Erforschung von Ursache und Wesen der Aggregation durch die Verbindung mit der L.-B.'schen Hypothese mehr verwirrt, als gefördert worden ist, was natürlich dieser Hypothese selbst auch nicht zu statten kommen kann. Hypothesen gehören wohl zu den Haupthebeln naturwissenschaftlicher Forschung, aber ein solcher Versuch, wie er hier vorliegt, durch selbst noch mangelhaft bekannte Vorgänge wie es die der Aggregation sind, eine Hypothese wie die vom aktiven Albumin stützen zu wollen, ist nur geeignet, diese selbst zu discreditiren.

Um hier zum erwünschten Ziele zu kommen, hilft es doch nur, Schritt für Schritt zu gehen, streng induktiv zu verfahren sowohl bei Anstellung der Versuche, durch welche man die Natur fragt, ob es auch wirklich so ist, wie es der Hypothese nach sein müsste, als auch bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse.

Es wird also die nächste Aufgabe sein, die auf Abwege gerathene Frage der Aggregation durch eine Sichtung von Zweifelhaftem und Unzweifelhaftem wieder auf gesunde Bahnen zurückzuführen. Dies soll hier versucht werden.

* * *

Die Voraussetzungen, welche man machen muss, um mit L. und B. anzuerkennen, dass das hypothetische „aktive Albumin" in der Zelle die Ursache der Ausscheidungen sei, sind folgende:

1. Silberreduction aus der L.'schen Lösung kann auch unter den besonderen in der Zelle obwaltenden Verhältnissen nur durch einen Aldehydgruppen enthaltenden Körper hervorgerufen werden;
2. dieser Körper ist durch basische Stoffe einer Polymerisation fähig, die in dem Aggregationsvorgang zum Ausdruck kommt;
3. der Stoff, welcher die Silberreduction herbeiführt und durch basische Stoffe einer Polymerisation fähig ist, ist derselbe wie der, welcher das organisirte aktive Albumin, d. i. die Theile des

---

1) So bei dem Studium der Ausscheidungen in Crassulaceen: „Zur Kenntniss des Cytoplasmas." Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1890. Eine Berichtigung der Beobachtungen B.'s bei den hier in Frage kommenden Objecten werde ich demnächst gleichfalls in den Ber. d. deutsch. bot. Ges. geben.

Protoplasmas, zusammensetzt, welche keiner Aggregation (Polymerisation) fähig sind;

4. das Protoplasma (organisirte aktive Albumin) verursacht nur deshalb nicht die Silberabscheidung, weil es zu empfindlich ist und ehe Silberabscheidung eintrat, sich in passives Eiweiss verwandelte.

Dem gegenüber darf man wohl fragen: Wie kann ich überzeugt sein, dass das zu Organen aufgebaute aktive Albumin, das Protoplasma, Aldehydgruppen enthält, wenn das Experiment, welches den Beweis erbringen soll — die Silberabscheidung — nicht glückt? Wer kann verlangen, dass ich glaube, es glücke nur desshalb nicht, weil das Protoplasma zu empfindlich sei und dass der silberreducirende Körper trotzdem derselbe sei, wie der, welcher das Plasma zusammensetzt?

Selbst als erwiesen angenommen, dass die Silberreduction auch unter den in der Zelle obwaltenden besonderen Umständen ausschliesslich einem Aldehydgruppen enthaltenden Körper zukommen könne, so wäre doch damit eben nur erst erwiesen, dass ein solcher irgendwo in der Zelle vorhanden ist, nicht mehr. Aber so lange das Plasma selbst in seiner Gesammtheit nicht reducirt, sondern nur die durch basische Stoffe hervorgerufenen Ausscheidungen, so lange könnte überhaupt nur bei diesen die Rede davon sein.

In früheren Arbeiten L. und B.'s findet sich noch die Anschauung, dass das Protoplasma in seiner Gesammtheit Silber abzuscheiden fähig sei[1]) und hier und da abscheide, in anderen Fällen dagegen nur einzelne mehr oder weniger zahlreiche und mehr oder weniger grosse Körnchen. Der Granulation ist übrigens bereits in der ersten Arbeit[2]) für gewisse Fälle Erwähnung gethan, doch erst später wurde die Granulation als Voraussetzung für die Silberabscheidung in Anspruch genommen[3]) und mit der Aggregation identificirt.

Das keiner Granulation oder Aggregation fähige Protoplasma aber für zu empfindlich und dadurch das Ausbleiben der Silberreaction zu erklären, ist eine Vorstellung ohne jegliche thatsächliche Begründung, also eine lediglich dem Glauben anheimgegebene Behauptung.

---

1) L. und B., Chemische Kraftquelle S. 52 und Bok., Neue Unters. über d. Vorgang der Silberabsch. Prgsh. Ib. 18. 1887.

2) L. und B., Chemische Kraftquelle S. 74.

3) L. und B., Ueber d. Verhalten v. Pflanzenzellen zu stark verd. alkal. Silberl., Bot. Centralbl. 1889, S. 614; ferner: Bok., Ueber d. Einwirkung bas. Stoffe auf das lebende Protopl. Prgsh. Ib. 19, 1888, S. 209.

Die Gründe, welche gegen den Einwand, dass die Reaction keine allgemeine sei, von L. und B. ins Feld geführt werden,[1]) wie die unbestrittene verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen verschiedene Einflüsse, machen es kaum wahrscheinlicher, dass die Objecte, wenn sie nicht so empfindlich wären, Silber reduciren würden. Dies wäre nur glaubhaft, wenn die meisten lebenden Zellen Silber reducirten und jene, bei denen die Silberabscheidung nicht eintritt, schon dadurch als Ausnahmsfälle charakterisirt wären. Es müssten da jedenfalls ausgedehntere Untersuchungen über die Verbreitung des Silberabscheidungsvermögens vorliegen, als dies bisher der Fall ist. Nach dem, was L. und B. selbst neuerdings anführen,[2]) würde man in den meisten pflanzlichen Zellen keine Aggregation und keine Silberabscheidung zu erwarten haben. Für „ungünstig“ werden nämlich erklärt: „1. Zellen mit sehr raschem Wachsthum, welche ihr Eiweiss rasch zur Organbildung verbrauchen; 2. Zellen, welche sehr langsam Eiweiss bilden und infolge dessen nie einen grösseren Ueberschuss an nichtorganisirtem Eiweiss haben; 3. ausgewachsene Zellen, welche ihren Eiweissvorrath ganz organisirt oder zum Aufbau von Idioplasma verwandt haben und kein neues Eiweiss mehr bilden.“

Dass bei einigen Objecten unter gewissen Verhältnissen — die bei dem Experiment mit der Hefe, welche erst Silber reducirte „nach Züchtung bei sehr niederer Temperatur in einer zuckerfreien Nährlösung“, übrigens ganz abnorm sind — spricht eher dafür, dass unter diesen Verhältnissen Stoffwechselprodukte gebildet wurden, welche normaler Weise nicht entstehen.

Nach alledem stehen von jenen S. 397 dieser Arbeit angeführten Voraussetzungen 3. und 4. vollständig in der Luft. 2. ist ein Schluss nach Analogien, für dessen Berechtigung mindestens erst das Vorkommen von Aldehydgruppen enthaltenden Körpern erwiesen sein müsste. Mag es immerhin möglich, ja wahrscheinlich sein, dass ein solcher Körper, wenn er vorhanden wäre, sich durch die Aggregationsreagentien polymerisiren würde, mit einer solchen Möglichkeit als mit einer feststehenden Thatsache zu operiren oder gar Rückschlüsse darauf zu bauen heisst nicht mehr sich bestreben, die Wahrheit auf Grund von Thatsachen zu ergründen — das ist blosse Speculation.

---

1) L. und B., Ueber d. Verh. v. Pflanzenzellen zu stark verd. alkal. Silberl. Bot. Centralbl. 1889 S. 612.

2) L. und B., Versuche über akt. Eiweiss für Vorlesung und Praktikum. Biol. Centralbl. XI, 1891, Separatabdr. S. 2.

Was aber die an erster Stelle (S. 397) erwähnte Voraussetzung anlangt, so erfordert diese ein näheres Eingehen und wir werden mehrfach auf dieselbe zurückkommen. Hier nur so viel: L. und B. tragen in den frühesten Arbeiten überhaupt nicht, in den neueren zu wenig dem Umstande Rechnung, dass die Zelle ein Organismus ist, sie beachten zu wenig, dass wir in der Zelle nicht nur ein kleines Gefäss und in deren Inhalt nicht eine einheitliche Lösung, ja nicht einmal ein einziges Stoffgemisch vor uns haben, gewissermaassen ein Reagirglas im kleinen Maassstabe mit einem Gemisch von colloidalen und flüssigen Körpern, sondern eine Summe von Stoffen unter complicirten Verhältnissen, von denen besonders die Trennung des Zellsaftes vom plasmatischen Wandbelag, welche von der Vacuolenwand aufrecht erhalten wird, berücksichtigt werden muss. Sollte es desshalb unmöglich sein, dass unter diesen in der Zelle obwaltenden besonderen Verhältnissen geschieht, was im Reagensrohr nicht geschieht, dass eine Reduction des Silbersalzes aus einer so verdünnten Lösung stattfinden kann, wie sie unter den Verhältnissen im Reagensrohr unmöglich ist? Silber reducirende Körper kommen ja in den Zellen vor, es brauchte also durch die besonderen Verhältnisse in der Zelle schliesslich weiter nichts, als eine Verschiebung der Reactionsgrenze stattzufinden. Das ist wohl zu bedenken, umsomehr als jetzt bekannt ist, dass die Silberreaction keine unmittelbare ist, sondern dass ihr eine Aggregation (Granulation) vorausgeht und vorausgehen muss und erst eine ganz allmähliche Anhäufung verbunden mit Reduction des Silbers in diesen durch Aggregation ausgeschiedenen Massen stattfindet.[1])

II.

Mittel, äussere Bedingungen und Ort der Entstehung.

Die zur Erzeugung tauglichen Stoffe (Aggregationsreagentien). — Die möglichen Reactionsweisen derselben. — Abhängigkeit der Entstehung vom Leben. — Ort der Entstehung.

Welche Stoffe der äussere Anlass zur Bildung der Ausscheidungen sein können, ist wohl ausreichend bekannt. Löw[2]) fasst in kurzer Weise den Kreis der zur Erzeugung fähigen Stoffe folgendermaassen zusammen: Der Niederschlag wird hervorgebracht, durch

1) Pfeffer, Löw und Bokorny's Silberreduction in Pflanzenzellen. Flora 1889 S. 47.

2) Löw und Bokorny, Ueber d. Vorkommen v. akt. Alb. im Zellsaft und dessen Ausscheidung in Körnchen durch Basen. Bot. Ztg. 1887 S. 849.

kohlensaures Ammon, Ammoniak, Kali, Natron und organische Basen, ferner mit neutral reagirenden Salzen des Ammoniak und der organischen Basen, nicht aber mit den Neutralsalzen der unorganischen Basen. Eine Aufzählung der Stoffe, welche aggregirend wirken im Einzelnen, findet sich, gestützt auf frühere Untersuchungen,[1] bei Bokorny, Aggregation (S. 463).

Auf die Aggregation durch mechanische Ursachen bei Drosera kommen wir noch später zu sprechen.

Was die Quantität der Stoffe betrifft, so weiss man, dass schon bei sehr niederer Concentration die Ausscheidungen erfolgen und dass dies bei manchen Körpern, wie z. B. Ammoniak, Kali, Natron, bei höherer Concentration überhaupt nicht geschieht, auch wenn die Zelle durch diese Concentrationen noch nicht getödtet wird. Bereits vorhandene Ausscheidungen verschwinden bei Behandlung mit höher concentrirten Lösungen dieser Körper, auch z. B. die mit Coffeïn erzeugten. Auf die Ursache dieser Erscheinungen, ferner darauf, in wie fern niedere Concentrationen mehr körnchenbildend wirken, wie höhere, worauf B. so viel Gewicht legt, werden wir später bei Betrachtung der Ballungen zu berücksichtigen haben.

Welche Stoffe aber im Innern der Zelle die Reaction verursachen, ebenso die im engsten Zusammenhange damit stehende Frage, wie dies zugeht: ob wir es mit einer Fällung mit stofflicher Betheiligung der aussen zugeführten Körper, oder ob wir es mit der Auslösung eines chemischen Vorgangs ohne oder doch ohne nothwendige stoffliche Betheiligung dieser Körper — was auch wieder auf mehrerlei Weise denkbar ist — zu thun haben, dieser Kernpunkt der Sache ist noch nicht aufgeklärt.

Wäre das erstere der Fall, d. h. entstünde eine chemische Verbindung des aussen zugeführten Körpers mit einem Unbekannten innerhalb der Zelle, so ist klar, dass durch die Bekanntschaft mit dem Kreise dieser Aggregationsreagentien die in Frage kommenden Körper sich auf gewisse Gruppen beschränken müssten. Freilich ist dabei zu bedenken, dass der Zellinhalt keine einheitliche Lösung ist und dass die den reagirenden begleitenden Stoffe recht wohl in irgend einer Richtung auf das Ausfallen Einfluss haben können. Ferner darf dabei nicht ausser Acht gelassen werden, dass in kleinen und bis zu einem gewissen Grade abgeschlossenen Capillarräumen noch Fällungen erfolgen, welche man im Reagensrohr zu erhalten sich vergeblich

1) Bokorny, Ueber d. Einwirkung bas. St. auf d. leb. Protopl. Prgsh. Ib. 19, 1888.

bemüht, wie Klercker[1]) für die in einer mit Gerbstoff gefüllten Capillare durch Eindringen von kohlensaurem Ammon entstehenden Ausscheidungen fand. Das gleiche geschieht übrigens auch beim Eindringen von sehr verdünntem Ammoniak. Es ist demnach die Aeusserung L. und B.'s,[2]) „eine verdünnte Gerbstofflösung mit Ammoniak zu fällen, ist ganz unmöglich," in dieser Allgemeinheit nicht richtig.

Ganz abgesehen davon, ob in den vorliegenden Fällen die folgende Erklärung zutreffend sei, so ist eine derartige Erscheinung doch auf sehr einfache Weise zu erklären: Verbindungen, die durch geringen Ueberschuss nicht nur eines, sondern beider reagirender Stoffe im Wasser leicht löslich werden, können nur bei vollständiger gegenseitiger Bindung ausgefällt werden. Diese Vorbedingung wird durch Zusammengiessen der Lösungen im Reagensrohr nur unter ganz bestimmten, ohne Absicht kaum zu erhaltenden Voraussetzungen verwirklicht sein, während im Capillarrohr, welches, mit der einen Lösung gefüllt, in die andere gelegt wird, nur eine langsame Diffusion stattfindet und infolge dessen eine Zone vollständiger gegenseitiger Bindung ohne Ueberschuss des einen oder andern bestehen und dadurch eine Fällung erfolgen kann, wenn nur das Produkt in Wasser allein nicht löslich ist, oder wenn das Wasser mit dem Produkt übersättigt ist.

Es ist also nicht zu behaupten, dass, wenn im Reagensrohr eine Fällung ausbleibt, dieselbe auch unbedingt im Capillarrohr ausbleiben müsse.

In vieler Beziehung ähnliche Verhältnisse liegen bei der Behandlung von Zellen mit den Aggregationsreagentien vor und ich glaube, dass dem bei den Schlüssen über die Möglichkeit der oder jener Ausscheidungsweise Rechnung zu tragen ist.

Es brauchen aber die Ausscheidungen gar nicht chemische Verbindungen der aussen zugeführten Körper mit dem oder den unbekannten im Innern der Zelle zu sein, es ist denkbar, dass von jenen nur der Anstoss zu Umsetzungen im Zellraum ausgeht, dass sie auslösend wirken. Es würde dies bei der früher von Pfeffer[3]) erörterten aber in Anbetracht einer Reihe von entgegenstehenden Thatsachen als nicht zutreffend anerkannten Ausfällung durch Neutralisation der Fall gewesen sein.

---

1) l. c. S. 42.

2) L. und B., Ueber d. Verh. v. Pflanzenz. zu stark verd. alkal. Silberlösung. Bot. Centralbl. 1889 S. 615.

3) Pfeffer, Ueber Aufnahme v. Anilinfarben in lebende Zellen. Tübinger Unters. II, S. 239 f.

Es könnte aber auch, und auf diese Eventualität gründen L. und B. ihre Anschauungen, eine Auslösung durch chemische Contactwirkung, wie sie die Chemie kennen gelernt hat, sein. Dafür lassen sich, wie dies von L. und B. auch geschieht, die ausserordentlich geringen Concentrationen geltend machen, welche die Ausscheidungen veranlassen und welche in gar keinem Verhältnisse zu stehen scheinen zu der Wirkung, welche sie hervorrufen. Es wird von B. wiederholt das Beispiel von *Drosera* erwähnt, bei welcher nach Darwin schon 0,000482 mg kohlensaures Ammon genügen, „um, durch eine Drüse aufgesaugt, in allen Zellen desselben Tentakels Zusammenballung zu verursachen" (Aggregation S. 463 und auch 471). Nun verursacht aber bereits Contact bei *Drosera* Aggregation, was bei anderen als fleischfressenden Pflanzen nicht der Fall ist. Darwin äussert sich (Fleischfressende Pfl., Uebers. S. 39) folgendermaassen darüber: „Aber da die Zellen eine unter der anderen einer Zusammenballung des Inhalts unterliegen, wenn unorganische und unauflösliche Theilchen auf die Drüsen gelegt werden, so muss der Process wenigstens in diesen Fällen in einer von den Drüsen übermittelten molecularen Veränderung, unabhängig von der Aufsaugung irgend welcher Substanz, bestehen. Dasselbe kann auch möglicher Weise bei der Wirkung des kohlensauren Ammoniaks der Fall sein." So bei *Drosera*.

Bei *Spirogyra* aber und anderen Objecten kommt bei so geringer Concentration wie sie Darwin in den Droserazellen wirken sah, keine Aggregation zu Stande. B. gibt hier nur an (Aggregation S. 471), dass eine Ammoniaklösung von 1 : 100 000 genüge, um den Spirogyreninhalt zur Zusammenballung zu zwingen. Ich habe mich bemüht, die Reactionsgrenze für Coffeïn bei einer *Spirogyra* festzustellen und Folgendes gefunden: Mit einer Lösung von 1 : 2000 trat auf dem Objectträger noch starke Aggregation ein, ja selbst noch bei 1 : 10 000. Bei einer Concentration von 1 : 100 000 konnte ich nach einer Stunde auf dem Objectträger noch keine Ausscheidungen beobachten, wohl aber waren solche erschienen bei solchen Spirogyren, die ich in eine grössere Quantität (etwa 20 ccm) der Lösung gebracht hatte. Die Körnchen waren äusserst fein und verliehen den Zellen ein trübes Aussehen. In Lösungen von 1 : 500 000 und 1 : 1 000 000 konnte ich weder nach zwei Stunden noch nach Tagen eine Einwirkung beobachten.

Für *Azolla* liegt nach Pfeffer die Reactionsgrenze oberhalb 0,003 % Ammoncarbonat.[1])

---

1) Pfeffer, Ueber Aufn. von Anilinfarben etc. Tüb. Unters. II. S. 241.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass die Reagentien bei *Drosera* eine andere Rolle spielen, wie bei *Spirogyra, Azolla* etc., bei welchen der Gehalt nicht unter eine gewisse Concentration sinken darf, um noch eine Wirkung hervorzubringen.[1])

Jedenfalls wäre es erwünscht, in ausgedehnterer Weise die Reactionsgrenze der verschiedenen Stoffe zu wissen, wie das bisher der Fall ist, sowie ob und welche Verschiedenheiten sich bei verschiedenen Concentrationsgraden zeigen. Was man bis jetzt davon weiss, ist unzureichend.

Wenn B. behauptet (Aggregation S. 471), „dass es für den Effect gleichgiltig ist, welche Menge von Ammoniak man verwendet“ und fortfährt „die Ballung tritt mit gleicher Stärke ein, ob man Lösung 1 : 20000 oder 1 : 5000 anwendet (ein pro mille oder einprocentige Lösungen sind mitunter schon weniger günstig, weil durch sie der reagirende Stoff schon theilweise jene Umwandlung zu erleiden scheint, welche er auch durch andere Mittel, Zellen zu tödten, erfährt)“, so liegt darin ein so offenbarer Widerspruch, wie er in zwei auf einanderfolgenden Sätzen kaum verständlich ist. Fünf Seiten vorher (S. 466) wird übrigens, um die gleiche Sache — nicht Fällung, sondern Contactwirkung — wahrscheinlich zu machen, das Gegentheil als Grund angeführt: „Man könnte glauben, dass die in Rede stehende Kugelbildung ein gewöhnlicher Fällungsvorgang sei; doch spricht dagegen die Thatsache, dass die Kugelbildung um so reichlicher eintritt, je geringer die Concentration der alkalischen Lösung ist. Ammoniak-Lösung 1 : 5000 wirkt günstiger als Lösung 1 : 1000, letztere günstiger als einprocentige.“[2]) Das, was B. hier zuletzt sagt, ist richtig. Zwar sind gerade bei Ammoniak die Unterschiede erst innerhalb grösserer Stufen deutlich, sie treten aber bei Coffeïn z. B. sehr deutlich hervor. Das scheint mir aber gegen eine Contactwirkung und für eine Fällung zu sprechen, da doch bekannt genug ist, dass je nach der Concentration, in der man ein Reagens der Lösung eines mit diesem reagirenden Körpers zusetzt, der Niederschlag nach Consistenz und Vertheilung verschieden ausfällt.

Inwiefern der Umstand, dass Aldehyde unter Umständen einer Polymerisation fähig sind, hier eine Analogie finden könnte, wurde bereits berührt. Es kann nicht energisch genug dagegen protestirt werden, dass mit dem, was B. selbst an einer Stelle, wo es sich um

---

1) Pfeffer, ebenda S. 244.

2) Vgl. auch Bot. Centralbl. 1889 S. 614.

genaue Präcisirung des Ergebnisses handelt, nur für „wahrscheinlich“ zu erklären sich veranlasst sieht (Aggregation S. 465), allgemein wie mit einem ausser Zweifel stehenden Factor gerechnet wird.

* * *

L. und B. haben die Aggregation für eine „echte Lebensreaction“ erklärt.[1] Thatsächlich ist sie bei zuvor getödteten Objecten nicht mehr zu erhalten. Es fragt sich: inwiefern ist das Leben bei dem Zustandekommen nothwendig? Wir wollen dies zunächst für die Ausscheidungen im Zellsaft festzustellen versuchen.

Die Vacuolenwand spielt bekanntlich für viele Stoffe die Rolle einer trennenden Schranke, während sie für andere Stoffe durchlässig ist. Es braucht die Reaction also nur insofern die Erhaltung dieser Schranke vom Leben abhängig ist, also nur mittelbar vom Leben der Zelle abzuhängen und es ist nicht gesagt, dass, wenn wir nur diese Schranke zu erhalten oder durch irgend eine andere zu ersetzen vermöchten, die Ausscheidung nicht ungehindert eintreten würde. Das Leben würde in diesem Falle also nur aus rein mechanischen Ursachen für das Zustandekommen der Ausscheidungen maassgebend sein.

Ist der reagirende Stoff im Augenblicke des Fallens der Schranke schon da, so darf man alsdann erwarten, dass die Reaction im Zellsaft auch noch zu Stande kommt; ist er aber nicht da, so wird es ganz auf die Diffusionsfähigkeit der im Zellsaft vorhandenen Körper ankommen, wie lange noch Reaction eintritt. Diffundiren die Körper rasch nach aussen, so können schon nach wenigen Augenblicken die früher im Zellsaft vorhandenen Stoffe das coagulirte Protoplasma imprägniren oder bereits je nach Eigenschaften und Menge auch in Zellwand und umgebendes Medium eingedrungen sein. Ob dann noch das zugeführte Aggregationsreagens Ausscheidungen hervorzubringen vermag, ist sehr zweifelhaft und von Umständen abhängig, welche mit dem Leben schlechterdings nichts zu thun haben. Wir dürfen also behaupten: Jeder im Zellsaft gelöste Körper, der rasch in die Umgebung (Plasma etc.) diffundirt oder wohl gar mit Stoffen in der Umgebung Verbindungen eingeht, wird, sobald die trennende Schranke — die innere Hautschicht des Protoplasmas — gefallen ist, nur dann noch nachzuweisen sein, wenn das zum Nachweis dienende Reagens im Augenblicke des Absterbens zugegen ist, was bei den selbst

1) L. und B., Ueber d. Verh. v. Pflanz. zu stark verd. alkal. Silberlös. Bot. Centralbl. 1889 S. 614.

Tödtung herbeiführenden Reagentien ja stets der Fall ist, aber nicht mehr, wenn die Zelle vorher abgetödtet wurde.[1])

Mithin ist auch aus dem Umstande, dass die Aggregation in der todten Zelle ausbleibt, noch kein Grund für eine ausserordentliche Labilität des im Leben in Reaction tretenden Körpers herzuleiten.

Dass bei den im Zellsaft erzeugbaren Ausscheidungen das Leben der Zelle in der That nur insofern im Spiele ist, als während des Lebens die innere Hautschicht die Stoffmischung im Zellsaft aufrecht erhält, lässt sich daraus erkennen, dass sie beim plötzlichen Tödten im Augenblicke des Absterbens thatsächlich noch erzeugbar sind. Plasmolysirt man nämlich (z. B. bei *Spirogyra, Echeveria* etc.) mit einer Coffeïn (1 %) enthaltenden Salpeterlösung (10 %), so tritt zunächst keine Aggregation ein. Es geschieht dies erst nach längerer Zeit, wenn nämlich das osmotische Gleichgewicht erreicht ist, weil erst dann ein Diffusionsstrom von aussen nach innen möglich ist. Macht man aber die Plasmolyse plötzlich rückgängig — es genügt schon ein geringer Wasserzusatz —, so platzt in vielen Zellen der Plasmaschlauch, oder wenn dieser bereits bis auf die innere Hautschicht abgestorben war, diese, und in demselben Maasse, als sich jetzt der Zellsaft mit der Aussenflüssigkeit mischt, sieht man die Ausscheidungen auftreten!

Für etwaige Ausscheidungen im Plasma aber ist es noch viel verständlicher, dass dieselben nach dem Tödten und der damit verbundenen Coagulation desselben ausbleiben.

Nach alledem ist der Werth des Umstandes, dass die Aggregation eine Lebensreaction ist, für den Nachweis, dass der reagirende Körper ein durch ausserordentliche Labilität ausgezeichneter Stoff sein müsse, entschieden in Abrede zu stellen.

Für die Silberabscheidung aus stark verdünnter alkalischer Lösung aber folgt daraus, dass, da dieselbe nur erfolgt, insofern durch die Alkalien der Lösung Aggregation verursacht wurde, diese mit dem Leben unmittelbar nichts zu thun hat.

Wie Bokorny[2]) selbst beschreibt, tritt auch die Silberreduktion

1) Ein Beispiel hierfür finde ich bei L. und B. selbst in „Die chem. Kraftquelle im lebenden Protoplasma", wo es S. 44 heisst: „Es ist nun bei dieser Eisenvitriolreaction bemerkenswerth, dass sie bei geringen Gerbstoffmengen nicht mehr eintritt, wenn der Gerbstoff bereits mit dem Eiweiss der Zelle sich verbunden hat, wie es bei todten Zellen der Fall ist" etc.

2) Pringsh. Ib. Bd. 18 S. 197, 199, wo es heisst: „Man kann also nicht sagen, die lebenden Zellen scheiden das Silber ab; denn die Functionen, aus denen sich das Leben zusammensetzt, sind grösstentheils schon zerstört, wenn die Silberabscheidung noch fortgeht."

erst längere Zeit nach dem Einlegen in die alkalische verdünnte Silberlösung ein, wenn das Protoplasma bereits abgestorben ist. Alles das weist darauf hin, dass die Ausscheidungen zur Reduktion befähigt sind, nicht, weil in ihnen besondere chemische Spannkräfte, wie sie nur im Leben in der Zelle vorhanden sind, aufrecht erhalten geblieben wären, sondern deshalb, weil sie durch den Ausscheidungsvorgang in concentrirtem und localisirtem Zustande erhalten, an der Diffusion verhindert werden.

* * *

Was die Lage der Ausscheidungen in den Einzelfällen anbetrifft, so sind wir über dieselbe durchaus noch nicht so genau unterrichtet, wie es wünschenswerth wäre. Die Angaben B.'s in dieser Beziehung bedürfen einer Controle, sie beruhen auf zu unkritisch angestellten Beobachtungen. Jedenfalls ist die Entscheidung über den Ort der Entstehung nicht methodisch getroffen, in den meisten Fällen wohl nur nach dem Augenschein, allerdings bei einigen Objecten wenigstens unter Berücksichtigung gewisser Kriterien. Es ist dies für die Lagerung im Plasma (Aggregation, Prgsh. Jahrb. 20, S. 442/43): „1. Unbeweglichkeit eines Theils der Granulationen, 2. Vertheilung dieser in der Fläche eines Cylindermantels, 3. die Erscheinung, als ob die Körnchen an den senkrecht stehenden Wänden besonders dicht lägen". Alle diese Momente sind indessen für eine objective Lösung der Frage nach dem Orte zu unsicher. Denn wenn die Ausscheidungen des Zellsaftes der Vacuolenwand anliegen, so lassen sofort alle drei im Stich, wie man an Objecten, bei denen nachweislich ausschlieslich im Zellsaft Ausscheidungen entstehen, wahrnehmen kann. Für einige Fälle kann ich mit Bestimmtheit behaupten, dass B. sich geirrt, so bei den Crassulaceen, wie bereits erwähnt.

Ich halte es auch nicht für unmöglich, dass es sich bei genauer Untersuchung herausstellen könnte, dass die Ausscheidungen noch in manchen anderen Fällen ausschliesslich im Zellsaft entstehen und nicht im Plasma oder in beiden zugleich.

Der Weg, welcher für die Ermittelung der Lage sicher zum Ziele führt, ist sehr einfach der, Aggregation zu erzeugen und dann die Präparate mit stark plasmolytisch wirkenden Lösungen zu behandeln. Es tritt dann bekanntlich je nach Concentration und mancherlei Nebenumständen früher oder später bei manchen Zellen ein Absterben des Plasmas bis auf die innere Hautschicht (Vacuolenwand) ein, wie

De Vries zuerst zeigte. Man kann alsdann deutlich unterscheiden, was in dem destruirten Plasma liegt und was in der noch geschlossenen Vacuole. Zu beobachten ist dabei, dass man sich vergewissert, dass nicht etwa kleinere Theilvacuolen geplatzt sind und ihren Inhalt dem absterbenden Plasma zugesellt haben.[1]

Diesen Weg hat B. bei *Spirogyra* verfolgt (Aggregation S. 443) und kommt zu dem Ergebniss, dass hier sowohl im Plasma wie im Zellsaft Ausscheidungen gelegen sind, was ich bei den daraufhin angestellten Versuchen bestätigt fand.

Ausschliesslich im Zellsaft liegen die Ausscheidungen bei den Crassulaceen, *Nymphaea, Rosa, Quercus,* den Wurzeln von *Azolla, Euphorbia peplus.*

III.

Vergleichende Charakteristik der Ausscheidungen.

Gemeinsames. — Besonderheiten bei den fleischfressenden Pflanzen. — Unterschiede der Ausscheidungen bei anderen Pflanzen. — Nichtberechtigung der Identificirung.

Eine der Hauptaufgaben auf dem Wege zur Erforschung von Ursache und Wesen der Aggregationsvorgänge muss natürlich sein, die stoffliche Zusammensetzung der ausgeschiedenen Massen zu ergründen. Hierbei ganz besonders gilt es, sich vor verfrühten Verallgemeinerungen zu hüten.

Allerdings, wenn man mit einer Reihe von Stoffen bei einer Reihe von Pflanzen im Innern von Zellen ähnliche Ausscheidungen erhält, so liegt der Gedanke nahe, dass auch in allen Fällen derselbe oder dieselben Körper als innere Ursache im Spiele sind. Aber sicher ist dies von vornherein doch keineswegs. Es ist das erst zu erweisen. Denn zunächst sind die Ausscheidungsvorgänge doch nur etwas Aeusserliches, Formelles. Es ist also die nächste Aufgabe, überhaupt festzustellen, ob der Charakter der Ausscheidungen, soweit er dem Studium der physikalischen und chemischen Eigenschaften zugänglich ist, nicht vielleicht schon sich als verschieden erweist, ganz abgesehen von der Berücksichtigung irgend eines bestimmten darin vermutheten oder nachgewiesenen Körpers und falls sich Verschiedenheiten ergeben, zu ermitteln, ob diese wesentlich oder unwesentlich sind.

Den Hauptgrund für die Berechtigung, alle diese Bildungen im Wesentlichen für identisch erklären zu dürfen, sieht B. in der ge-

1) Näheres hierüber in Pfeffer, Ueber Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper. Abh. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Bd. XVI. Nr. II. S. 166.

meinschaftlichen Entstehungsursache und in dem allen gemeinsamen Silberabscheidungsvermögen. In der That sind dies auch Gründe, welche dafür sprechen und welche einer Discussion werth sind, da sie auf sicheren Thatsachen beruhen. Doch sind beide auch nicht zu überschätzen, denn einestheils sind jene basischen Stoffe keine schwer reagirenden Körper und für das Silberabscheidungsvermögen fehlt uns die Erfahrung, ob dasselbe unter den in der Zelle obwaltenden Verhältnissen nur einem bestimmten Körper, oder doch einer bestimmten Körpergruppe zukommt. Es ist das gar nicht so sicher, da Silber bekanntlich kein schwer reducirbarer Körper ist.[1])

Bei der Aufnahme und den Niederschlägen von Methylenblau ist es gewiss, dass mehrere Stoffe das gleiche bewirken und etwas Analoges könnte auch bei der Silberabscheidung durch die Aggregationen vorliegen.

Wenn wir diese Fähigkeit gewisser Stoffe in der Zelle in Betracht ziehen, mit den in sehr verdünnter Lösung die Zellen umspülenden Stoffen unter Festlegung der Produkte an Ort und Stelle zu reagiren, so dass eine allmähliche Anreicherung entsteht, so verliert übrigens auch das Silberabscheidungsvermögen an Wunderbarkeit. Denn es ist klar, dass der Stoff, welcher in den ausgeschiedenen Kügelchen enthalten ist, keine niedere, sondern im Gegentheil eine sehr hohe Concentration haben wird — welcher Stoff es auch sein möge und ob es nun solide festweiche Kügelchen oder Flüssigkeitsblasen sind.

Sind diese Ausscheidungen nur einmal entstanden — und sie entstehen auch durch das in der L.-B.'schen Lösung enthaltene Alkali —, so kann der die Ausscheidungen bildende oder auch nur ein in denselben enthaltener Körper durch allmähliche mit einer Ansammlung des abgeschiedenen Silbers an Ort und Stelle verbundene Reduction die Versilberung bewirken. Liegt die Sache so, so würde auch die Silberabscheidung aus so verdünnter Lösung wie sie L. und B. anwandten — 1 : 1000 ist übrigens relativ gar keine so niedrige Concentration —, nichts Wunderbareres an sich haben, wie die bekannte Aufnahme und Bindung von Anilinfarbstoffen,[2]) wie des Methylen-

---

1) Vgl. Baumann, Ueber den von O. Loew und Th. Bokorny erbrachten Nachweis v. d. chem. Ursache des Lebens. Pflüger's Archiv f. Physiol. 1882, S. 414.

2) Pfeffer, Ueber Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Tübinger Unters. II.

blaus, welche sich ebenfalls in ausgezeichneter Weise in den vorher etwa durch Coffeïn, Ammoncarbonat etc. erzeugten Aggregationen erhalten lässt.[1])

* * *

Wie schon mehrfach berührt, zeigen die Ausscheidungen bei *Drosera* und den fleischfressenden Pflanzen der Beachtung werthe Besonderheiten hinsichtlich der Consistenz, ferner der Lösungserscheinungen, sowie auch der Entstehung. Die Ausscheidungen bei den meisten entstehen fast augenblicklich, auch noch bei sehr schwacher Concentration des zugeführten Reagens. Sie stellen nach Allem, was jetzt darüber bekannt ist, von einer Niederschlagsmembran umgebene Flüssigkeitskugeln dar. Wie aus der verschiedenen Schnelligkeit, mit der sich die zusammenfliessenden Massen wieder zur Kugel abrunden, hervorgeht, ist zwar auch die Consistenz der Flüssigkeit in den Blasen verschieden, je nach Object, sowie Concentration und Art des bei der Erzeugung angewandten Stoffes, aber sie sind doch höchstens zähflüssig. Auch lassen sie sich bekanntlich durch Auswaschen der Präparate nach Willkür in kurzer Zeit wiederholt zum Verschwinden bringen und wiedererzeugen.

Anders bei *Drosera,* wo ja die Aggregation schon durch andere Mittel (Contact) zu erreichen ist, die bei den übrigen überhaupt nicht wirken und durch geringe Spuren der bei anderen nur in höheren Concentrationen wirksamen Stoffe. Ferner besitzen sie gleich von Anfang an eine sehr zähe Consistenz, wie aus der langsamen Vereinigung und ganz allmählich verlaufenden Abrundung aneinanderstossender Kugeln hervorgeht, und nehmen später sogar noch festere Consistenz an, sie werden brüchig, da sie, wie schon Darwin und De Vries beschreiben und abbilden, beim Zerdrücken klaffende Risse bekommen. Schliesslich sind auch ganz frische Ausscheidungen durch Auswaschen nicht sofort wieder löslich, wie ich aus eigenen Experimenten ersah. Auch Darwin beobachtete (Insektenfr. Pfl. S. 47) an einem Blatte, in welchem durch 24stündiges Liegen in kohlensaurem Ammon Aggregation eingetreten war und welches nun ge-

1) Ob man von einer Speicherung sprechen darf, hängt ganz davon ab, wie man den Begriff „Speicherung" fasst. Beschränkt man ihn auf die Anhäufung eines Körpers ohne chemische Veränderung, also auf einen rein physikalischen Vorgang, so ist man im vorliegenden Falle nicht berechtigt, von einer Speicherung zu sprechen, nur wenn man den Begriff weiter fasst und nicht ausschliesst, dass auch chemische Umsetzungen dabei im Spiele sind.

waschen und in Wasser gethan wurde, erst nach 3 Stunden 15 Min. Zeichen der Wiederauflösung, erst nach 24 Stunden war in einigen Zellen die Wiederauflösung vollendet. Auch schreitet, wenn der Anstoss zur Ballung durch kohlensaures Ammon — ich verwendete eine 1%-Lösung — einmal gegeben ist, trotz des Auswaschens desselben nach nur wenige Minuten andauernder Einwirkung der Process ruhig fort.

Die Unterscheidung, welche De Vries macht[1]) zwischen Ammoncarbonatfällung und eigentlich physiologischer Aggregation, trägt den thatsächlichen Verhältnissen, die allerdings wohl noch erneuter Studien bedürfen[2]) und gar nicht so einfach sind, weit mehr Rechnung, als der Versuch B.'s (Aggr. S. 433), Alles im Wesentlichen zu identificiren.

Wie der chemische Vorgang der Aggregation sich im Einzelnen abspielt, wissen wir bis jetzt nicht. Es kann ja schliesslich auch hier ein sehr einfacher den übrigen analoger Fällungsvorgang sein, nur dass hier die reagirenden Stoffe schon in der Zelle vorhanden waren, aber unter Verhältnissen, die erst durch einen von aussen kommenden Reiz so umgestaltet werden, dass eine Reaction eintritt.[3])

Es galt nun noch zu untersuchen, ob unter den übrigen Objecten Einheitlichkeit im Charakter der Ausscheidungen herrsche oder ob sich auch hier wesentliche Verschiedenheiten ergeben, die uns Anhaltspunkte dafür geben, dass in verschiedenen Objecten vielleicht verschiedene Stoffe die Ursache der Entstehung sind. Der Weg, welcher eingeschlagen wurde, ist folgender: Es wurde, da die der Aggregation fähigen Zellen fast alle Methylenblau speichern, untersucht, ob nach erfolgter Methylenblaufällung in demselben Object bei Behandlung mit Ammoncarbonat überall keine Fällung mehr eintritt, ob sie einander also überall gegenseitig ausschliessen, oder ob es nicht auch

---

1) De Vries, Ueber Aggreg. im Protopl. von *Drosera rotundifolia.* Bot. Ztg. 1886 S. 3.

2) Auch nach den Arbeiten von Darwin und De Vries liegen die Verhältnisse noch nicht vollständig klar und bedürfen einer Controle. Besonders die Darstellung von De Vries leidet daran, dass sie unter dem Einfluss der Tonoplastentheorie steht und es infolge dessen erscheint, als ob der Ballungsvorgang von der Vacuolenwand als activem selbständigem Organe ausginge. Eine Contraction und Theilung der Vacuolen findet ja statt, aber sie ist jedenfalls passiv, ist die Folge einer Quellung des Protoplasmas, die bei der Reizung der Tentakel in den Zellen eintritt auf Kosten des Saftraumes. Besonders auch die Beziehung zwischen Ammoncarbonatfällung und eigentlicher physiologischer Aggregation, die De Vries mit Recht unterscheidet, verdient noch näheres Studium.

3) Pfeffer, Anilinfarbst. S. 244.

Objecte gibt, bei welchen noch mit Ammoncarbonat Ausscheidungen erzeugbar sind, nachdem vollständige Fällung der Methylenblauverbindung und damit Hand in Hand gehende Entfärbung des Zellsaftes stattgefunden.

War die eine Reaction noch erzeugbar, wenn die andere eingetreten, so war damit erwiesen, dass nicht in allen Fällen derselbe Stoff im Innern die Ursache der Ausscheidungen ist.

Es hat sich nun herausgestellt, dass thatsächlich Aggregation — und sogar ausserordentlich massige — erzeugbar ist, auch wenn keine Methylenblauspeicherung stattfindet, oder wenn das zuerst im Zellsaft gespeicherte Methylenblau bereits vollständig mit anderen Stoffen in Gestalt körniger Massen ausgefallen ist. Es war dies bei allen untersuchten Spirogyren der Fall.

Die Versuche wurden folgendermaassen angestellt: In Methylenblaulösung von Concentrationen zwischen 1 : 100000 und 1 : 800000 wurden verschiedene Spirogyren gebracht, je nach der Concentration nur wenige Minuten bis mehrere Stunden. Es lagen mir zumeist solche Objecte vor, welche wenig Gerbstoff enthielten und den Farbstoff im Zellsaft — vielleicht infolge dessen — gar nicht, oder nur sehr schwach speicherten. Dem entsprechend schieden sich auch nur wenig oder gar keine blauen Körnchen aus. Nach Behandlung mit Ammoncarbonat oder Coffeïn — es wurde meist eine 0,5%-Lösung angewendet — aber erfolgte eine ausserordentlich starke Ausscheidung, ebenso stark wie in nicht mit Methylenblau behandelten, ganz wie dies auch bei den nach L. und B.'s Methode[1]) gerbstofffrei gezüchteten Spirogyren der Fall ist.

In anderen — und wohl den meisten — Fällen dagegen findet ein strenges gegenseitiges Ausschliessen statt. Sind die Methylenblaufällungen eingetreten, so vermag Coffeïn etc. keine neuen Ballungen hervorzurufen. So bei *Azolla, Quercus, Rosa,* sowie gewissen Zellen in fast allen Theilen von *Nymphaea alba,* welche durch rothen oder violetten Zellsaft ausgezeichnet sind und Methylenblau so lebhaft speichern, dass die ursprüngliche Färbung kaum mehr wahrzunehmen ist.

Der Stoff, welcher bei *Spirogyra* die Ausscheidungen hervorruft, kann also bei den zuletzt besprochenen Objecten nicht vorhanden sein. Es sind mithin nicht in allen Fällen dieselben Körper die Ursache der Ausscheidungen. Ein Zusammenwerfen der

1) L. und B., Ueber d. Verh. v. Pflanzenz. zu stark verd. alkal. Silberlös. II. Bot. Centralbl. 1889 S. 370 und Versuche üb. akt. Eiweiss für Vorl. und Praktikum. Biol. Centralbl. 1891. Separatabdr. S. 4.

Aggregationsvorgänge, wie es B. in seiner Arbeit „Ueber Aggregation" thut, ist also, wenn man die Ursache dabei im Auge hat, nicht berechtigt, man muss vielmehr, um vor den Folgen vorzeitiger Verallgemeinerungen geschützt zu sein, sich von Fall zu Fall über die Art des Vorgangs und der betheiligten Stoffe Klarheit verschaffen.

Will man also die Uebertragung des Namens „Aggregation" von *Drosera* und den fleischfressenden Pflanzen, für welche derselbe durch die Bezeichnung Darwin's historisches Recht hat, anerkennen, so bezeichnet dieser Name nicht mehr eine bestimmte Reaction derselben Körper, sondern nur rein äusserlich ähnliche Ausscheidungsvorgänge und die Produkte derselben, die das gemeinsam haben, dass sie durch dieselben basischen Stoffe hervorgerufen werden können.

Dann könnte man schliesslich auch noch weiter gehen und überhaupt jede Art von Fällung zuvor gelöster Stoffe in der Zelle, gleichviel welcher chemischen und physikalischen Beschaffenheit, mit dem Namen belegen. Es würden dann auch die Anilinfarbstoffausscheidungen in der Zelle mit vollem Rechte den Aggregationsvorgängen zuzuzählen sein.

IV.

Die in den Ausscheidungen nachgewiesenen Stoffe und ihre Rolle.

Aufzählung. — Betheiligung von Fett (Lecithin) — von Eiweiss — von Gerbstoff. — Rolle derselben, insbesondere des Gerbstoffs als Ursache.

Ein wichtiger Schritt, um die Ursache der Ausscheidungen zu ermitteln, war natürlich die Erforschung der stofflichen Zusammensetzung der Ausscheidungen selbst.

Nach den bisherigen Angaben wären Eisweiss, Gerbstoff und Fett (Lecithin) die Stoffe, welche in den Ausscheidungen gefunden wurden. Auch gehen bekanntlich die häufig im Zellsaft gelösten Farbstoffe regelmässig mit in dieselben ein. Dem kann ich noch hinzufügen, dass auch Phloroglucin sich bei gewissen Objecten, nämlich den Crassulaceen, in denselben findet, wie sich bei Behandlung mit dem Lindt'schen Reagens,[1]) einer alkoholischen Lösung von Vanillin in Salzsäure, leicht zeigen lässt.

Was den Gehalt an Fett (Lecithin) betrifft, so darf man diesen wohl in Frage ziehen, da die von L. und B. zum Nachweis angewandte Reaction durch 1 proc. Ueberosmiumsäure nicht eindeutig ist.

1) Th. Waage, Ueber d. Vorkommen u. d. Rolle des Phloroglucins in der Pflanze. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1890 S. 250.

Dieser Einwand ist um so mehr berechtigt, als in sehr vielen Fällen die Gegenwart von Gerbstoff in den Ausscheidungen erwiesen ist, durch welche bekanntlich auch eine Schwärzung mit Ueberosmiumsäure[1]) eintritt.

Der Eiweissgehalt der Ausscheidungen ist einer der am meisten kritischen Punkte. Die Eiweissreactionen sind ja an sich schon kritisch für mikrochemische Zwecke, weil sie ohne Ausnahme die Structur der Zellen stark zerstören und häufig durch andere in der Zelle befindliche Stoffe, wie z. B. Gerbstoff, in ungünstiger Weise beinflusst werden.[2]) Es werden dann auch in vielen Fällen unsere Ausscheidungen zerstört und dadurch die Unterscheidung und Bestimmung unmöglich gemacht.

Bei *Drosera* zeigen die Aggregationen mit Millon's Reagens starke Farbenreactionen, aber es ist nicht die typische rothe Farbe, welche man erhält, sondern ein mehr oder weniger dunkles Braun, welches mehr ins Gelbe als ins Rothe spielt und die grösste Intensität in den Zellen des Köpfchens der Tentakeln besitzt. Auch nach Extraction mit Wasser von Siedetemperatur tritt keine andere Färbung ein, nur die Intensität ist geringer. Dass die Gelbfärbung mit Jod nicht entscheidend ist, braucht wohl nicht mehr weiter erörtert zu werden. Wenn wir ohne Vorurtheil die Frage beantworten wollen, wie es mit dem Nachweise von Eiweissstoffen bei *Drosera* steht, so müssen wir eingestehen, dass derselbe bis jetzt nicht geführt ist, mag nun thatsächlich Eiweiss darin sein, oder nicht. Wir wissen es eben nicht.

Nach den Versuchen, die ich an *Spirogyra* anstellte, habe ich mich von der Betheiligung von Eiweiss nicht überzeugen können. Mit Millon's Reagens, welches auch die frischen Ausscheidungen nicht zerstört, habe ich nie die typische Farbe erhalten, auch nicht, wenn sie gerbstoffarm waren. Zucker und Schwefelsäure (Raspail'sche Reaction), sowie heisse alkalische Kupfersulfatlösung (Biuretreaction) zerstören die Ausscheidungen.

Die in vielen Fällen zu beobachtende Löslichkeit der Ausscheidungen in Alkohol — nur bei älteren bleibt häufig ein hautartiger Rest —, das Ausbleiben der Coagulation bei Einwirkung höherer Temperaturen sprechen direct gegen eine allgemeine Betheiligung von Eiweisskörpern.

---

1) Gierke, Färberei zu mikroskopischen Zwecken S. 60.

2) Klercker, Studien über Gerbstoffvacuolen S. 39 und Pfeffer, Flora 1889 S. 52.

Dass frisch mit Coiffeïn (0,5%) erzeugte Ausscheidungen beim Aufsieden in einem Tropfen der Coffeïnlösung nicht coaguliren und sich in Alkohol lösen, habe ich bei Spirogyra-, Echeveria- und Sedum-Arten beobachtet.

Auch Klerker (Gerbstoffvakuolen S. 39) berichtet, dass ihm der Nachweis von Eiweiss in Ausscheidungen mit Ammoncarbonat nicht gelungen und L. und B.[1]) geben selbst die Schwierigkeiten, diese Reaction mit überzeugender Deutlichkeit zu erhalten, zu.

Es bedürfte jedenfalls weiterer speciell zu dem Zwecke und nach einer diesem angepassten Methode angestellter Untersuchungen, um zu entscheiden, wie weit eine Betheiligung von Eiweiss wirklich besteht. Vor der Hand ist diese für die grosse Mehrzahl der Fälle problematisch.

Als unbestritten muss dagegen gelten, dass die Ausscheidungen in den meisten Fällen einen Gehalt an Gerbstoff haben, ja dass für viele Fälle Gerbstoff der einzige sicher in den Ausscheidungen nachgewiesene Körper ist *(Azolla, Quercus, Rosa, Nymphaea* u. a.).

Die Frage aber ist, welche Rolle spielt derselbe? Verhält er sich rein passiv, wird er nur gespeichert, oder steht er in activem, ursächlichem Zusammenhang mit dem Zustandekommen der Ausscheidungen, ist er überhaupt allein schon ohne Betheiligung anderer Körper im Stande, die Ausscheidungen zu veranlassen?

L. und B. erklären den Gerbstoff in allen Fällen für nebensächlich: „er wird einfach mitgerissen".

Meines Erachtens haben L. und B. sich zu einseitig auf das eine Object *Spirogyra* stützend, in welchem wir einen besonderen nicht überall verwirklichten Fall kennen gelernt haben, zu früh verallgemeinert. Es ist doch klar, dass das, was in dem einen Falle Nebensache ist, in anderen Fällen Hauptsache sein kann.

Gegen Gerbstoff als alleinige Ursache ist hauptsächlich geltend gemacht worden, dass man überall auch mit Ammoniak die Aggregation hervorrufen könne, Ammoniak aber gäbe mit Gerbstoff in verdünnten Lösungen keinen Niederschlag, also könne er die Ursache nicht sein.[2]) Ferner ist die Löslichkeit der Ausscheidungen in concentrirter Salzsäure als Grund gegen Gerbstoff angeführt worden, sowie das Ausbleiben der Reaction in zuvor getödteten Zellen, ganz

1) L. u. B., Ueber d. Verh. v. Pflanzenz. zu stark verd. alkal. Silberl. Bot. Ctrlbl. 1889 Nr. 39 S. 372.

2) L. u. B., Ueber d. Verh. v. Pflanzenz. zu stark verd. alkal. Silberl. Bot. Ctrlbl. 1889 Nr. 19 S. 615.

besonders aber ist ins Feld geführt worden, dass die Niederschläge die Silberreaction geben, während Gerbstoff nur eine Reduction zu Oxydul[1]), die sich in einer Braunfärbung zu erkennen gibt, hervorrufen soll, aber keine Reduction zu metallischem Silber. Ausserdem sind noch eine Reihe anderer Gründe, warum Gerbstoff nicht die Ursache sein könne, vorgebracht worden.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, diese alle einzelnen zu widerlegen, sie beruhen zum Theil auf der Nichtberücksichtigung der Verhältnisse in der Zelle, zum Theil auf der Verallgemeinerung der Verhältnisse bei dem von L. und B. am meisten untersuchten Objecte *Spirogyra*, zu welcher man um so weniger berechtigt ist, als hier besondere Verhältnisse obwalten.

Es ist eine solche Widerlegung im Einzelnen auch überflüssig, da sich positiv erweisen lässt, dass die durch Einlegen in eine Coffeïnlösung (0,5 %) in einer mit Gerbstoff — ich experimentirte mit 1 % und 0,5 % — gefüllten Capillare entstehenden Ausscheidungen, die übrigens ganz den Charakter der in vielen Zellsäften entstehenden haben, lebhaft wimmeln und sich zu grösseren Massen vereinigen, auch durch Wegwaschen der Coffeïnlösung wieder verschwinden, gleichfalls Silber abscheiden, wenn man die Cappillaren nachträglich in die bekannte Silberlösung A bringt. Eine Auflösung erfolgt nicht, da dies von dem Alkali der Silberlösung verhindert wird. Dass hier thatsächlich Silber abgeschieden wird und nicht nur eine Reduction zu Oxydul oder Oxyd stattfindet, geht daraus hervor, dass Ammoniak und Salzsäure keine Veränderung hervorbringen. Es stimmt dies überein mit dem, was Pfeffer (Flora, 1889 S. 50) an den durch Ammoncarbonat in Gerbstoff in der Capillare erzeugten Ausscheidungen fand.

Bezüglich der Fällungen zwischen Tannin und Ammoncarbonat hatte bereits Klerker (Gerbstoffvacuolen S. 41 f.) gefunden, dass die Concentrationsgrenzen für die Reagirfähigkeit der Lösungen in der Capillare andere und zwar nicht so enge sind, wie im Reagensrohr. Er ermittelte auch, dass die Concentration der Ammoncarbonatlösung für die Wirksamkeit in der Capillare ebenso gering sein kann, wie z. B. bei *Azolla*.

Aehnlich bei Gerbstoff und Ammoniak. Von diesen geben nur concentrirtere Lösungen im Reagensrohr einen Niederschlag, in verdünnten ist keiner zu beobachten.

---

1) Silberoxydul (Ag_4O) soll nach einer Angabe in Graham-Otto, Anorganische Chemie Bd. 4 S. 1710, überhaupt nicht existiren.

Anders in der Capillare. Als ich nämlich Gerbstofflösungen (0,5 % und 1 %) in eine Capillare brachte und darauf mit Ammoniak von einer Concentration behandelte, welche in Pflanzenzellen Aggregation erzeugte, erhielt ich einen Niederschlag, der freilich nur in einer allmählich sich verschiebenden Diffusionszone sich zu erhalten im Stande war. Es sagt dies, dass es nur auf das Verhältniss der Stoffe zu einander ankommt, ob ein Niederschlag erfolgt, oder nicht. Die Sache dürfte so zu erklären sein, wie dies im Kap. II S. 402 dieser Arbeit auseinandergesetzt wurde für Fälle, in denen schon ein geringer Ueberschuss des einen wie des anderen der gegen einander reagirenden Körper eine Ausscheidung des Produktes verhindert. Es wird dann verständlich, warum überhaupt nur sehr verdünnte Lösungen von Ammoniak und kohlensaurem Ammon geeignet sind, Ausscheidungen hervorzubringen. Auch stimmt damit sehr gut überein die geringere Beständigkeit der mit Ammoniak und kohlensaurem Ammon erzeugten Niederschläge gegenüber den mit Coffeïn und anderen Alkaloïden erzeugten, denn die letzteren sind nur im Ueberschusse des einen der reagirenden Stoffe, nämlich des Tannins, löslich.

Die gegen die Möglichkeit einer ursächlichen Betheiligung von Gerbstoff geltend gemachten Gründe können diesen positiven Ergebnissen gegenüber nicht beweiskräftig sein. Verschiedenheiten des Verhaltens gegen nachträglich darauf wirkende Reagentien können bis zu einem gewissen Grade durch Stoffe, welche beim Ausfällen mitgerissen oder gespeichert wurden, bedingt sein. So werden z. B. die mit Coffeïn erzeugten Tanninausscheidungen durch Spuren von Ammoniak wenn nicht unlöslich, so doch weit schwerer löslich,[1]) die gleiche Eigenschaft, welche auch den Ausscheidungen in den lebenden Zellen zukommt. Die Eigenschaft, durch Spuren von Jod unlöslich zu werden, theilen die Coffeïn-Tanninniederschläge gleichfalls mit denen in der Zelle.

Es steht also thatsächlich der Annahme, dass ein Modus der Aggregation Gerbstoff zur Ursache haben kann, nichts Gewichtiges gegenüber.

Bei der grossen Reagirfähigkeit der ausgezeichnete Aggregationsreagentien abgebenden Alkaloide mit Gerbstoff wäre für diese wenigstens

---

1) Gleiche Theile Tanninlösung 1% und Coffeïnl. 0,5 % gaben einen Niederschlag, der sich bei Verdünnung durch Wasser auf etwa das 30fache löste, im 50fachen des mit Ammoniak versetzten Wassers dagegen war noch vollständige Trübung vorhanden. Dieselbe verschwand jetzt erst bei starkem Zusatz von Ammoniakliquor.

ein Ausbleiben der Reaction in Zellsäften mit hohem Gerbstoffgehalt im höchsten Grade befremdend. Nur das Nichteindringen würde eine Erklärung dafür abgeben. Dass ein Eindringen stattfindet, geht aus den Kap. II S. 406 beschriebenen Experimenten hervor.

Uebereinstimmung mit den bei Tannin mit dem Aggregationsreagentien zu erhaltenden Ausscheidungen herrscht bei *Azolla, Quercus, Rosa, Nymphaea,* den Crassulaceen, so dass man hier vollberechtigt ist, in dem Ausscheidungsvorgange im Wesentlichen eine Gerbstoffreaction zu erblicken.

V.

Physiologische Bedeutung der Ausscheidungen. — Rückblick.

Physiologische Bedeutung.

Dem was über die Abhängigkeit der Aggregationsvorgänge vom Leben bereits erwähnt worden ist (II. S. 405 f.) habe ich nur noch hinzuzufügen, dass Chloroformiren bei *Spirogyra* und den Crassulaceen ohne Einfluss auf das Zustandekommen der Ausscheidungen ist. Die Objecte hatten bei den daraufhin angestellten Experimenten 5—10 Minuten in halbgesättigtem Chloroformwasser gelegen ehe sie mit den Aggregationsreagentien behandelt wurden.

In die Bedeutung der Ausscheidungsvorgänge für das Leben der Zelle lässt sich vor der Hand noch kein Einblick gewinnen. Nur so viel lässt sich schliessen, dass die Bindung, welche die Stoffe im Innern der Zelle durch die Ausscheidung erleiden, von grosser Tragweite für das Leben der Zelle nicht sein kann, abgesehen von den Vorgängen bei den fleischfressenden Pflanzen.

Wo es Gerbstoff ist, wäre das ja nach den herrschenden Anschauungen über die Bedeutung desselben ohne Weiteres einleuchtend. Aber auch in den Fällen, wo Gerbstoff unwesentlich ist, wie bei *Spirogyra,* wirft der Umstand, dass die Objecte, wie B. angegeben[1]) und wie ich bestätigt fand,[2]) wochenlang lebensfähig bleiben, ja fortwachsen können, ein bemerkenswerthes Schlaglicht auf die Sache, welches für

---

1) L. u. B., Versuche über aktives Eiweiss für Vorlesung und Praktikum. Biol. Ctrbl. 1891 Bd. 11, Separatabdruck S. 10.

2) Ich verwendete Knop'sche Nährlösungen von $1/8$ ‰ und $1/4$ ‰ Salzgehalt und einem Coffeïngehalt von 0,01 % und 0,001 %. Nach mehreren Wochen waren auch in den jungen zugewachsenen Zellen Ausscheidungen vorhanden. Die Lösungen wirkten auf neuerdings hineingebrachte Objecte noch Ausscheidungen erzeugend.

einen grossen Werth des ausgeschiedenen Körpers — was für ein Körper es auch sein mag — für den Haushalt der Zelle nicht spricht.

Es ist nach den jüngst dargelegten Anschauungen L. u. B.'s zwar nur der Vorrath, der noch nicht organisirte Theil des aktiven Albumins, welcher in Ballung tritt. Da aber dasselbe stets als nicht organisirtes entstehen soll,[1]) dieses aber durch die Reagentien sogleich festgelegt werden würde, so würde die Consequenz sein, dass die Spirogyren ohne aktives Eiweiss nicht nur leben, sondern ohne Neubildung von Eiweiss sogar wachsen können! Ein grösserer Widerspruch ist kaum denkbar und es ist wohl überflüssig, ein weiteres Wort darüber zu verlieren.

Rückblick.

Was man „Aggregation" genannt hat, ist nur die äusserlich ähnliche Erscheinung verschiedenartiger Vorgänge.

Die Aggregation bei *Drosera* und den fleischfressenden Pflanzen ist besonderer Natur und nicht, wie dies B. gethan hat, mit den Vorgängen bei anderen Pflanzen zusammen zu werfen. Es coincidiren hier, wie De Vries zeigte, bei Behandlung mit basischen Stoffen zweierlei Vorgänge, von denen der eine auch durch andere Mittel, wie z. B. durch Contact, ausgelöst werden kann.

Es bestätigt sich, dass, wie L. und B. für *Spirogyra* feststellten, Gerbstoff, wenn vorhanden, nur nebensächlich sein kann, da auch bei Bindung desselben durch Methylenblau oder bei künstlich gerbstofffrei gezüchteten Objecten Ausscheidung eintritt, also ein anderer der Aggregation fähiger Körper die Ursache sein muss. Die Bestimmung dieses Körpers steht noch aus.

Für eine Anzahl Fälle ist es nicht nur möglich, sondern gewiss, dass Gerbstoff die Hauptrolle spielt. Wo dies so ist, steht der Annahme nichts entgegen, dass die Bildung ein analoger Fällungsvorgang ist, wie er in mit Gerbstofflösung gefüllten Capillaren durch die Aggregationsreagentien herbeigeführt werden kann. Dieser letztere Modus ist auf den Zellsaft beschränkt, aus welchem auch andere Stoffe, besonders etwa vorhandene Farbstoffe, bei den Crassulaceen auch Phloroglucin, in die Ausscheidungen aufgenommen werden.

* * *

Es ist nicht berechtigt, in den Ausscheidungsvorgängen eine Reaction des hypothetischen „aktiven Eiweisses" und in den Aus-

1) L. u. B., Versuche über akt. Eiw. für Vorlesung und Praktikum. Biol. Ctrlbl. 1891 XI. Nr. 1 S. 1. Anm.

scheidungsprodukten selbst im Wesentlichen durch Polymerisation entstandene Kügelchen jenes hypothetischen Körpers zu erblicken.[1]) Wohl aber sind die Ausscheidungen die Vorbedingungen für das Zustandekommen der Silberreaction, eines allmählich verlaufenden Vorgangs, bei welchem durch Abscheidung des reducirten Silbers an Ort und Stelle eine allmähliche Anreicherung stattfindet. Er hat mit dem Leben der Zelle unmittelbar nichts zu thun. Auch für das Zustandekommen der Aggregationen ist das Leben nur aus mechanischen, nicht aus chemischen Ursachen nothwendig.

Litteratur.

Ch. Darwin, Insectivorous plants. 1875. Uebersetzung von Carus.
— — The action of carbonate of ammonia on the roots of certain plants. Linnean Society's Journal-Botany. Vol. 19. 1882.
Fr. Darwin, The process of aggregation in the tentacles of Drosera rotundifolia Microscopical Journal. Vol. 16 n. s.
O. Löw u. Th. Bokorny, Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma. 1882.
W. Pfeffer, Ueber Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Tübinger Unters. Bd. II. 1886.
H. De Vries, Ueber Aggregation im Protoplasma von Drosera rundifolia. Bot. Ztg. 1886.
O. Löw u. Th. Bokorny, Ueber das Vorkommen von aktivem Albumin im Zellsaft und dessen Ausscheidung in Körnchen durch Basen. Bot. Ztg. 1887.
Th. Bokorny, Neue Untersuchungen über den Vorgang der Silberabscheidung. Prgsh. Jb. 18, 1887.
— — Ueber die Einwirkung basischer Stoffe auf das lebende Protoplasma. Prgsh. Jb. 19, 1888.
J. E. F. af Klercker, Studien über die Gerbstoffvacuolen. 1888.
Th. Bokorny, Ueber Aggregation. Prgsh. Jb. 20, 1889.
W. Pfeffer, Löw und Bokorny's Silberreduction in Pflanzenzellen. Flora 1889.
O. Löw u. Th. Bokorny, Ueber das Verhalten von Pflanzenzellen zu stark verdünnter alkalischer Silberlösung I und II. Bot. Centralbl. 1889.
Th. Bokorny, Zur Kenntniss des Cytoplasmas. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1890.
O. Löw u. Th. Bokorny, Versuche über aktives Eiweiss für Vorlesung und Praktikum. Biol. Centralbl. XI, 1891.

---

1) Selbst bei der Annahme, dass die Aggregation eine Reaction des „aktiven Albumins" sei, stünde es schlimm um die Allgemeinheit des Nachweises, welche diesem Körper unbedingt zukommen müsste, denn es würde sich dann eben der Nachweis überhaupt nur auf die der Aggregation fähigen Zellen erstrecken. Der Nachweis schmilzt damit auf einen Umfang zusammen, der in umgekehrtem Verhältnisse steht zu dem, welchen man für einen Träger des Lebens zu fordern nicht nur berechtigt, sondern verpflichtet ist.

Australische Süsswasseralgen.

Von

M. Möbius.

Im Folgenden stelle ich die Süsswasserformen der von Herrn Bailey bei Brisbane gesammelten Algen zusammen. In Betreff der früheren Litteratur kann ich auf die Angaben Nordstedt's in seiner Arbeit Fresh-Water Algae collected by Dr. S. Berggren in New Zealand and Australia (Stockholm 1888)[1] verweisen, meines Wissens die letzte Arbeit, welche sich mit der Süsswasseralgenflora Australiens beschäftigt.[2])

Die hier angeführten Arten stammen aus den Ordnungen der Florideen, Chlorophyceen und Phycochromophyceen; auch eine grössere Anzahl Arten von Diatomeen habe ich beobachtet, aber wegen der Schwierigkeit der Bestimmung nicht in diese Liste aufgenommen. Die meisten Arten sind, soweit ich sehen kann, noch nicht für Australien angegeben. Da aber für den grössten Theil der Süsswasseralgen eine sehr weite, wenn nicht allgemeine Verbreitung angenommen werden kann, so dürfte nur eine verhältnissmässig sehr geringe Anzahl der in Australien zu findenden Arten hier genannt sein. Auffallend ist das Fehlen der *Cladophora*-Arten in dem von Bailey gesammelten Material, doch gibt auch Nordstedt weder für Australien noch für Neuseeland eine Art dieser sonst so vielfach im Süsswasser vertretenen Gattung an, und Sonder führt in seiner Liste nur auf: *Cladophora gossypina Kütz. (= Cl. fracta [Dillw.] Kütz.* f. *gossypina)* von Adelaide und *Cl. Wollsii Sond.* aus dem Parramatta River. Auch Characeen sind von Bailey nicht gesammelt worden, doch sind dieselben reichlich in Australien vorhanden, wie aus Nordstedt's im vorigen Jahre erschienener Bearbeitung (Pars I) dieser Gruppe hervorgeht. Die von Sonder und Nordstedt angeführten Algen (abgesehen von Characeen)

---

1) Kongl. Svenska Ventenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. 22 Nr. 8.

2) In Askenasy's Bearbeitung der von der Gazette gesammelten Algen (1888) ist von Süsswasserarten aus Australien nur angeführt: *Zygnema pectinatum, Nitella subtilissima, Charagymnopitys,* f. *brevibracteata* und *Ch. gymnopus* β *ceylonica* nach Nordstedt's Angaben.

sind meist andere Arten als die, welche ich beobachtet habe, denn von den 19 Arten Sonder's habe ich nur eine und von den 19 Arten Nordstedt's nur fünf in meiner Liste. Die für Australien schon bekannten Arten sind im Folgenden mit einem Sternchen bezeichnet, ich glaube aber, dass sich in manchen Herbarien noch mehr australische Süsswasseralgen finden, ohne dass Angaben darüber gemacht worden sind. Neue Arten habe ich vier aufgestellt, ein *Scytonema* und ein *Stigeoclonium,* die beide nur vereinzelt gefunden wurden, zwei neue *Coleochaete*-Arten konnten dagegen in vielen Exemplaren und ziemlich vollständig untersucht werden. Diese letzteren beiden Arten sind um so mehr bemerkenswerth, als seit Pringsheim's classischer Bearbeitung dieser Gattung (1862) zu den dort aufgestellten Arten meines Wissens (conf. De Toni, Sylloge) keine neue hinzugekommen ist. Neue Varietäten glaubte ich annehmen zu müssen bei *Herposteiron confervicolum, Coelastrum sphaericum, Spirogyra punctata, Tetmemorus Brebissonii* und *Pleurotaeniopsis tessellata.* Zu den neuen Arten und Varietäten, sowie zu verschiedenen anderen sind Abbildungen gegeben. Die angeführten Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten sind mit fortlaufenden Nummern versehen. Die in Klammern gesetzten Ziffern sind die Nummern der von Bailey an den einzelnen Fundorten gemachten Aufsammlungen. Bei der Aufzählung der Arten habe ich dem Namen nicht bloss den Standort und die geographische Verbreitung, so weit sie bis jetzt bekannt ist und so weit ich sie ermitteln konnte, hinzugefügt, sondern ich hielt es auch für vortheilhaft, besonders mit Rücksicht auf künftige Untersuchungen über australische Algen, etwas über die Merkmale, auf welche hin die Arten diagnosticirt wurden, und speciell die gefundenen Maasse mitzutheilen. Vielleicht wird auch einiges zur weiteren Kenntniss schon bekannter Arten durch manche der hier gemachten Angaben und der gegebenen Abbildungen beigetragen.

Class. I. *Florideae Ag.*

Fam. 1. *Batrachospermaceae Rabh.*

1. *Batrachospermum Roth.*

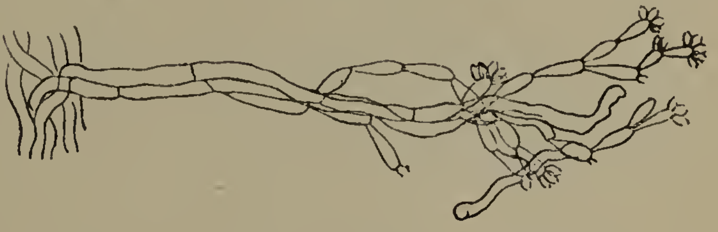
*1. *B. vagum Ag.* c. *flagelliforme Sirdt.* (4).

Burpengary (Deception Bay) in stagnirendem Wasser.

Es wächst an Zweigen in tiefem Wasser, hat (nach Bailey's Angabe) eine blaugrüne Farbe und bildet bis 7 cm lange Büschel. Vom unteren Theile gehen mehrere stärkere Aeste aus, deren Seitenäste ziemlich entfernt stehen, lang und ihrerseits wenig verzweigt sind. An den Hauptästen sind die Glieder ca. 1,5 mm lang und die Wirtel haben einen Durchmesser von ca. 0,5 mm. Die interverticillären Zweige sind sehr zahlreich und so lang wie die im Wirtel, so dass die letzteren hier nicht deutlich hervortreten. Die Zellen der Wirtelzweige sind langgestreckt, 6—7 μ dick und 5—6 Mal so lang. Wegen der gestreckt-cylindrischen Gestalt dieser Zellen habe ich die Alge zur Form *flagelliforme* gestellt. Ausserdem ist dies diejenige Form, welche in der Regel normale Sporenhaufen entwickelt, während die

andern meist steril sind; nur noch die Form d. *affine* bringt nach Sirodot grosse Sporenhaufen hervor, welche aber aus den Wirteln herausragen, was hier nicht der Fall ist. Die weiblichen Organe entwickeln sich bei *B. vagum* nur an den Knoten und zwar entspringt die Trichogyne von der Basalzelle eines Zweigbüschels. Ich fand öfters Fruchtanlagen, welche die grosse, keulenförmige, unten stark verjüngte Trichogyne, an der Basis von Bracteen umgeben und von einem Spermatium befruchtet, zeigten. Entwickelte Sporenhaufen waren nicht entsprechend häufig; sie treten besonders deutlich hervor, wenn die Wirtel- und interverticillären Zweige spärlich entwickelt sind. Die Antheridien nehmen die Enden aller Zweige ein, auch die des Wirtels, an dem sich eine Fruchtanlage bildet. Letzteres soll in der Regel nicht der Fall sein. Die Behaarung ist eine sehr reichliche und die ausgewachsenen Haare sind bis 160 μ lang.

Eine besondere Erwähnung verdienen noch die Scheinäste, welche dadurch entstehen, dass an den Knoten, seltener an den Internodien, die Berindungsfäden nach aussen wachsen und sich zu einem Bündel von zwei, drei oder mehreren an einander legen. Dabei umschlingen sich die Fäden oft streckenweis spiralig, während sie am Ende wieder aus einander weichen. Von ihnen entspringen, besonders an den Enden, den Wirtelzweigen analoge Zellfäden, die gewöhnlich Antheridien tragen (Fig. 1). Ich fand diese Bildung häufig an solchen Aesten, welche die normalen Wirtel- und interverticillären Zweige grossentheils verloren hatten. Sirodot erwähnt derartige falsche Aeste bei besonders grossen Formen von *B. helminthosum*, aber nicht bei *B. vagum*, und bildet auch die Erscheinung nicht ab. Etwas anderes sind die sogenannten Prolificationen, nämlich wirkliche Aeste, die aber an den Berindungsfäden oder an den Wirtelzweigen entfernt von der Axe entstehen und bei *B. densum, Decaisneanum, pyramidale, pygmaeum* und *Dillenii* auftreten sollen.


Fig. 1.

B. vagum ist nach Sonder aus Australien (Launceston) bekannt, kommt ausserdem vor in Europa, Nord- und Südamerika.

2. *B. spec.* (3).

Sumpfgegend von Stradbroke Island, Dunwick Pumpstation, in fliessendem Wasser.

Diese Form lag in unvollständigen Exemplaren vor, indem weder ganze Pflanzen, noch solche mit weiblichen Organen vorhanden waren, es kann desshalb die Art nicht bestimmt werden. Die Aeste haben ein ziemlich variables Aussehen, denn zum Theil sind die Wirtel deutlich abgesetzt, zum Theil werden sie durch die reichlich vorhandenen, langen und oft ebenfalls wirtelig gruppirten Interstitialzweige undeutlich, zwischen den extremen Formen sind aber Uebergänge vorhanden. An älteren Aesten sind die Glieder bis 1 mm lang. Dieses *B.* unterscheidet sich von dem vorigen schon durch die Form der

Zellen in den Wirtelzweigen, da dieselbe meist kuglig bis eiförmig, seltener cylindrisch ist. Haare sind auch hier vorhanden. Auch sind die Wirtel- und interverticillären Zweige reichlich mit Antheridien besetzt. Es scheint also eine diöcische Art zu sein.

2. *Chantranssia Fries.*

3. An den Aesten des eben genannten *Batrachospermum* wuchsen hie und da Fäden einer *Chantransia,* die der *Ch. violacea Kütz.,* welche sonst meist auf *Lemanea* gefunden wird, nahe steht. Die Zellen waren 7—11 μ breit und 3 bis 9 Mal so lang, Haare fehlten. Die Sporen waren oval, ca. 10 : 14 μ gross. Die basalen Theile dieser *Chantransia* kriechen zwischen den Zweigen des *Batrachospermum,* stehen aber mit denselben nicht in organischem Zusammenhang.

Class. II. *Chlorophyceae (Kütz.) Wittr.*

Bei der Besprechung der Algen dieser Classe folge ich der Anordnung und Nomenclatur, die De Toni in seinem vortrefflichen Werke Sylloge Algarum, Vol. I, gegeben hat.

Ordo I. *Confervoideae (Ag.) Falk.*

Fam. 2. *Coleochaetaceae (Naeg.) Pringsh.*

3. *Coleochaete Bréb.*

4. *C. Baileyi* nov. spec. (14). Burpengary.

Die Alge bildet etwa stecknadelkopfgrosse Gallertpolster an im Wasser befindlichen Pflanzentheilen. Sie besteht aus niederliegenden verzweigten Fäden, die sich von einem Mittelpunkt strahlig ausbreiten und aufrechte, ebenfalls verzweigte Fäden entsenden, an denen sich die Reproductionsorgane bilden. Der Thallus ist in eine grosse Gallertmasse eingehüllt, aus der nur die langen Enden der Haare hervorragen (Fig. 2). Die Verzweigung ist monopodial, jedoch sehr unregelmässig, die Aeste entspringen gewöhnlich einzeln, seltener opponirt. Die vegetativen Zellen sind 14—20 μ dick und meist länger als breit, $1\frac{1}{2}$—2, seltener 3—4 Mal länger als der Durchmesser; solche langgestreckte Zellen kommen besonders in den aufrechten Fäden vor. Die Form der Zellen ist cylindrisch bis polygonal, im ersteren Falle sind sie oft gebogen. Jede Zelle enthält ein scheibenförmiges, an den



Fig. 2.

Rändern umgebogenes Chromatophor mit einem Pyrenoid, Zellen mit zwei Chromatophoren stehen jedenfalls im Begriff, sich nachträglich noch einmal zu theilen. Haare sind reichlich vorhanden und treten einzeln auf beliebigen Zellen auf. Sie sind einfache schlauchförmige Ausstülpungen der Tragzelle, von der sie nicht durch eine Querwand getrennt sind; sie sind ohne Scheide ca. 2 μ dick. Diese besteht aus der äusseren Membran, die dem Wachsthum des Haares nur eine Strecke weit gefolgt ist, dann sehr verdünnt und schliesslich zerrissen worden ist. Die Scheide endigt noch innerhalb der Gallerthülle und zeigt am Ende eine trichterartige Erweiterung, bisweilen bemerkt man auch an ihrem oberen Theil einige Einschnürungen. Die Spitzen der Haare sind später meist abgebrochen.[1]) Sporangien, Antheridien und Oogonien kommen auf denselben Exemplaren vor, doch bilden diejenigen Pflanzen, welche reichlich Sporangien produciren, meist wenig männliche und weibliche Reproductionsorgane.

Die Schwärmsporen werden sowohl in den Endzellen als in den darunter liegenden Zellen der aufrechten Zweigen gebildet, so dass eine ganze Reihe von Zellen ihren Inhalt als Schwärmsporen entleert haben kann. Die Entleerung erfolgt durch Aufreissen der Zelle an ihrem oberen Ende (Fig. 3). Die Antheridien werden wie bei *C. pulvinata* als kleine flaschenförmige Papillen am oberen Theil der vegetativen Zellen gebildet, manchmal bis zu 10 an einer Zelle; ihre Grösse beträgt ca. 7 : 12 μ. Es scheint, dass der Inhalt der Tragzelle ganz zur Antheridienbildung aufgebraucht werden kann, denn die Zellen, welche zahlreiche entleerte Antheridien tragen, sind meist selbst bis auf eine kleine Plasmamasse (Kern?) leer (Fig. 2 A). Der Austritt der Antherozoiden erfolgt durch Aufreissen der Membran an der Spitze.

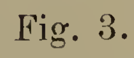


Fig. 3.

Die Oogonien scheinen sich an den beobachteten Pflanzen in einem abnormen Zustand zu befinden, denn sie trennen sich sehr leicht von dem Thallus ab und ihre Weiterentwickelung zur Frucht lässt sich nicht in situ verfolgen. Man findet sie meist in der Nähe der Zweigenden, aber seitlich und sitzend. Gewöhnlich erscheinen sie nur als grosse, kuglige Zellen mit zahlreichen Oeltropfen und einer Membran, die sich im Gegensatz zur Membran der anderen Zellen, mit Congoroth intensiv roth färbt (Fig. 2 A). Bisweilen sieht man, dass die kugligen Zellen an einer Stelle in einen kurzen, dünnen Hals ausgezogen sind (Fig. 2 B), auch wurde unterhalb des Halses eine zweite kleinere kuglige Anschwellung beobachtet. Die Berindung scheint von zwei Zellen gebildet zu werden, welche das Oogon zangenförmig umgreifen, ähnlich wie es anfangs bei *C. pulvinata* geschieht, aber nicht ganz umhüllen. Weiter scheint die Berindung nicht zu gehen, denn bereits in diesem Zustand sah ich

---

1) Vgl. meinen Aufsatz über die Morphologie der haarartigen Organe bei den Algen im biologischen Centralblatt Bd. XII Nr. 3 S. 102, Fig. 7.

den Inhalt des Oogons getheilt (Fig. 4). Die zweite Theilung erfolgt senkrecht zur ersten, so dass im Oogon vier Zellen neben einander liegen. Solche Zustände wurden aber nur sehr selten beobachtet, am häufigsten sind nicht weiter entwickelte Oogonien, bisweilen von einigen benachbarten Zweigen dicht umwachsen.

Die Entwickelung der Keimpflanze erfolgt in derselben Weise, wie es Pringsheim für *C. soluta* und *C. pulvinata* angibt: Die sich festgesetzt habende Schwärmspore theilt sich durch eine Wand in zwei neben einander liegende Zellen. Die eine derselben wächst nach links, die andere nach rechts aus, so dass sich die ersten Astzellen schräg gegenüberstehen. Die letzteren verbreitern sich offenbar

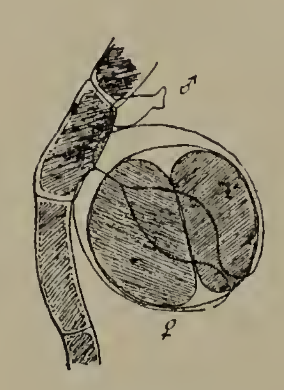
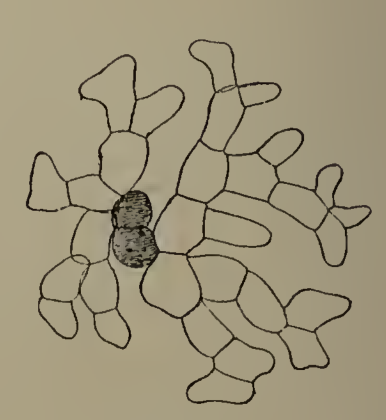


Fig. 4.


Fig. 5.

auch hier zunächst parallel den beiden Keimzellen, theilen sich dann und lassen weitere Zellen aussprossen. Die ganze Entwickelung ergibt sich am besten aus Fig. 5, welche ausserordentlich ähnlich der Fig. 3 (Tafel II) in Pringsheim's Abhandlung (Jahrbücher Bd. II) ist, die ein vollkommenes Exemplar der *C. pulvinata* f. *minor* darstellt.

5. *C. conchata* nov. spec. (14). Fundort wie vorige.

Diese Art ist kleiner als die vorige, mit der sie gewöhnlich zusammen vorkommt und bildet flachere Gallertpolster. Dadurch, dass alle Zweige fast in einer Ebene liegen, erinnert sie an eine locker verzweigte Form von *C. soluta*, während sie sich in der Verzweigung und Form der Zellen mehr *C. pulvinata* nähert. In der Mitte schliessen die Zweige fast zu einem Pseudoparenchym zusammen, die äusseren Zweige aber lassen grössere Zwischenräume. Nach allen Seiten gleichmässig ausgebildete Lager dürfte man schwer finden, in der Regel ist die eine Seite stärker entwickelt als die andere und kein deutlicher Ausgangspunkt zu sehen. Die Zellen sind rundlich, 10—14 μ breit und 14—18 μ lang, ihr Inhalt ist wie bei der vorigen Art beschaffen. Haare treten sehr reichlich auf und erreichen eine bedeutende Länge. In ihrem Bau gleichen sie denen der vorigen Art, die Scheide ist aber bis zu ihrem Ende glatt und hier sind die Ränder etwas nach aussen gebogen (Fig. 6).

Von Reproductionsorganen wurden an dieser Art nur Antheridien und Oogonien gefunden, Sporangien waren an untersuchten Exemplaren nicht vorhanden. Erstere beide Organe kommen auf derselben Pflanze

vor; die Art ist also wie die vorige monöcisch.

Die kleinen papillenförmigen Antheridien, welche 4—5 μ dick und 10 bis 12 μ lang sind, sitzen meist einzeln an den oberen und obersten Zellen der Aeste (Fig. 7).

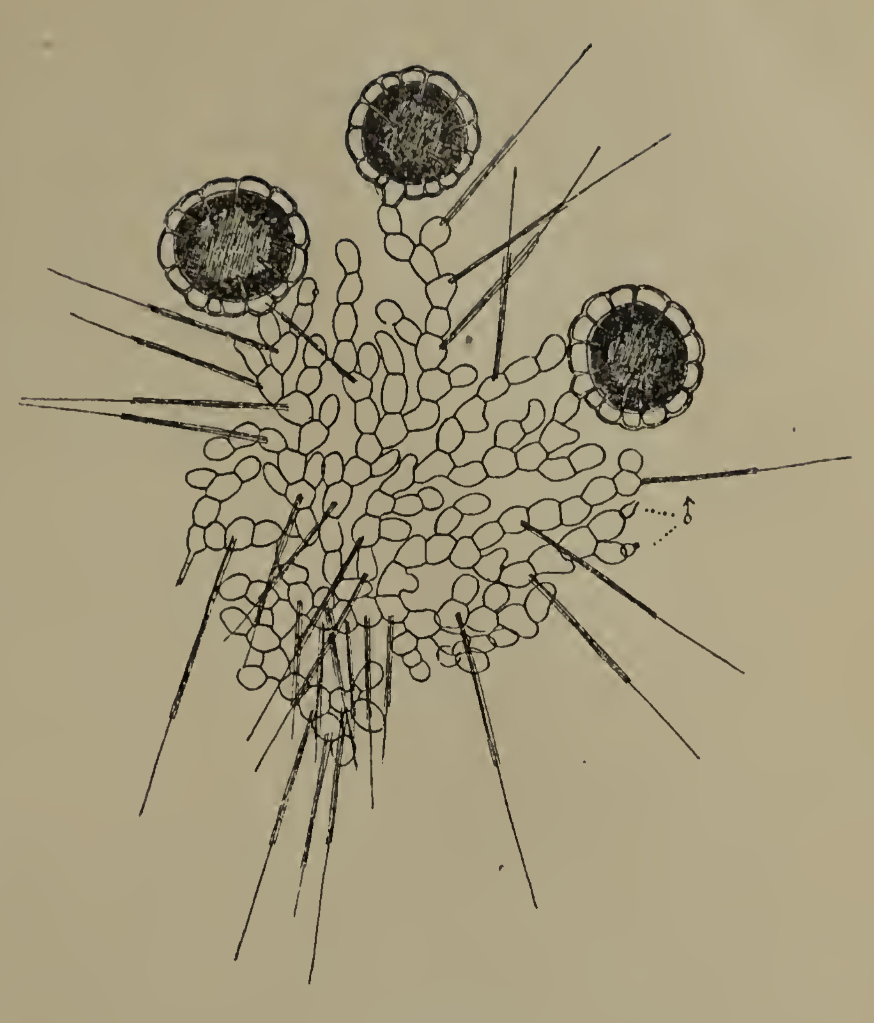


Fig. 6.

Die Oogonien scheinen immer aus den Endzellen der Aeste hervorzugehen und werden dadurch gebildet, dass ihr vorderes Ende in einen langen Hals auswächst, der am Ende knopfförmig anschwillt. Der Hals ist etwa 3 μ dick und 10 Mal so lang. Er öffnet sich an seinem über die Gallerthülle hervorragenden Ende, um die Antherozoiden einzulassen. Nach der Befruchtung schwillt das Oogon beträchtlich an und die Oospore bekommt eine sehr dicke stark glänzende Membran, während sich die dünnere Membran des Oogoniums gelblich färbt. Sehr eigenthümlich ist die Berindung. Nachdem sich die Tragzelle längs getheilt hat, wird die eine Hälfte zu der einen Rindenzelle, die andere Rindenzelle gliedert sich seitlich von der andern Hälfte ab. Die beiden Rindenzellen verbreitern sich so weit, dass sie sich mit ihren Rändern berühren und wie zwei Muschelschalen das Oogonium umfassen; nur der Ansatzstelle gegenüber, wo an jungen Früchten noch die Trichogyne hervorsieht, verwachsen sie vielleicht nicht vollständig (Fig. 7 B). Von den sich berührenden Rändern aus entstehen sehr bald nach innen, also radienförmig gerichtete Membranleisten, welche eine verschiedene Länge erreichen, zum Theil auch gebogen und am Ende gegabelt sind. Die ganze Frucht hat ungefähr linsenförmige Gestalt; von der flachen Seite gesehen erscheint sie fast kreisrund, mit einem Durchmesser von

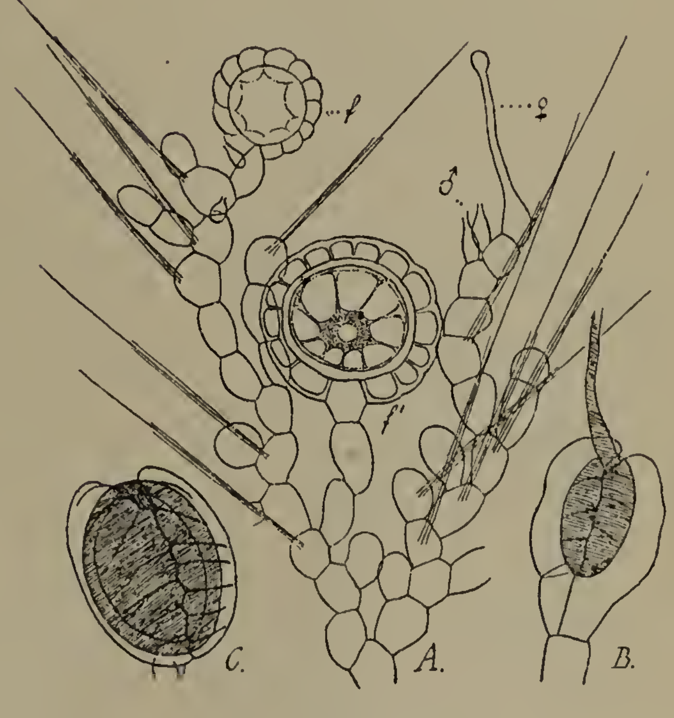


Fig. 7.

70—80 μ, man sieht dann die Membranfalten vom Rande, wo die Membran ziemlich dick ist, radienförmig nach der Mitte gehen (Fig. 6)[1]. Von der schmalen Seite gesehen erscheint die Frucht elliptisch; über den Längsdurchmesser verläuft die Berührungslinie der beiden Hüllzellen, von welcher nach beiden Seiten die Membranleisten alternirend abgehen (Fig. 7 C). Ueber das weitere Schicksal der Oospore und die Keimung habe ich leider nichts ermitteln können.

6. *C. orbicularis Pringsh.* (14). Fundort wie vorige.

In vereinzelten, unvollständigen Exemplaren, theils ungeschlechtlichen mit einzelnen, wohl durch Schwärmsporenbildung entleerten Zellen, theils mit reifen Früchten.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Sibirien, Hawai, Neuseeland.

7. *C. scutata Bréb.* (14). Fundort wie vorige.

Nur ein steriles Exemplar gesehen.

Bekannt aus Europa, Nord- und Südamerika, Afghanistan, Neuseeland.

4. *Chaetopeltis Berth.*

8. ?*Ch. minor Möb.* (14). Fundort wie vorige.

Ich sah verschiedene junge Pflanzen, die ganz den früher von mir beobachteten der genannten Art glichen, doch auch zu *Ch. orbicularis Berth.* gehören könnten. Beide Arten unterscheiden sich hauptsächlich nach den Schwärmsporen.

Bekannt aus Europa.

Fam. 3. *Oedogoniaceae (De Bary) Wittr.*

5. *Bulbochaete Ag.*

9. *B. elatior Pringsh.* (13, 14). Burpengary.



Fig. 8.

Zwischen den anderen Algen fanden sich vielfach einzelne Pflänzchen und besonders häufig abgerissene Oogonien dieser Art. Die letzteren, mit den reifen Oosporen, sind von der Seite gesehen kuglig bis polygonal etwas von oben zusammengedrückt, ca. 40 μ breit und 32 μ hoch (Fig. 8). Die Stützzelle ist durch eine Wand dicht über ihrer Basis getheilt, beide Zellen enthalten kaum noch Inhalt.[2] Androsporangien habe ich nicht gesehen, sie sollen meist über den Oogonien liegen, seltener an anderen Stellen, doch fand ich hier immer oberhalb des Oogoniums ein Haar, wenn dasselbe nicht abgefallen war.[3] Nicht selten

---

1) In Fig. 7 sind die jungen Früchte (f und f[1]) im optischen Durchschnitt gezeichnet.

2) Wie Fig. 8a zeigt, zieht sich bei Entstehung der ersten unteren Wand der Inhalt aus der unteren Zellen zurück, dann auch aus der oberen Stützzelle. Pringsheim bildet von derselben Art einen ganz analogen Zustand ab.

3) Ueber die Beschaffenheit der Haare vgl. Biolog. Centralbl. Bd. XII Nr. 3 S. 86.

fanden sich zwei Oogonien, getrennt durch eine getheilte Stützzelle, über einander, was sonst auch nicht bemerkt wird (Fig. 8 B). Die Zwergmännchen sitzen auf der Stützzelle, zu 2 bis 6, die Fusszelle ist etwa birnförmig (ca. 10 : 18 μ), das Antheridium ist ein äusseres. Die Schwärmsporen entstehen theils auf den die Geschlechtsorgane tragenden Pflanzen (Fig. 8 A sp.), theils auf besonderen ungeschlechtlichen Exemplaren. Die beiden Formen haben entweder in ihren vegetativen Zellen die gleichen Dimensionen (Zellen 10—15 μ breit und 30—36 μ lang), oder die ungeschlechtliche Form hat kürzere Zellen (10—14 μ breit, 20—24 μ lang), oder sie hat bedeutend grössere Zellen (16—20 μ breit, 66—83 μ lang). Das Auftreten der letzgenannten Form würde die Beobachtung von Pringsheim bestätigen, dass die ungeschlechtlichen Individuen sich häufig durch eine stärkere Entwickelung, d. h. grössere Dimensionen ihrer Zellen unterscheiden.

Bekannt aus Europa und Hinterindien.

6. *Oedogonium Link.*

Diese Gattung war reichlich in der Sammlung vertreten, aber nur verhältnissmässig wenige Arten konnten bestimmt werden, da viele steril, andere, auch wenn sie fructificirten, zu unvollständig waren, um die zur Bestimmung nöthigen Merkmale zu bieten. Herrn Dr. Nordstedt bin ich sehr zu Dank dafür verbunden, dass er einen Theil meiner Präparate durchgesehen hat, die von mir getroffenen Bestimmungen revidirt und mir einige neue Bestimmungen, sowie Maasse und andere Angaben mitgetheilt hat. Ich kann somit folgende Arten mit mehr oder weniger Sicherheit anführen:

10. *Oe. excisum Wittr. et Lund.* (14, 21).

Burpengary, Nines Waterhole, Myrtle.

Monöcisch, leicht kenntlich an der tiefen Einschnürung, welche rings um das Oogonium verläuft. Dasselbe hat einen Querdurchmesser von ca. 18 μ und eine etwas grössere Länge; die vegetativen Zellen sind nur ca. 4 μ dick und 5—6 Mal so lang. Diese Maasse stimmen mit den bisher angegebenen überein.

Bekannt aus Europa und Senegal.

11. **Oe. undulatum (Bréb.) A. Br.* (13, 14). Burpengary.

Von dieser Art wurden immer nur kleine sterile Bruchstücke zwischen den andern Algen gefunden; trotzdem ist sie nicht zu verkennen, da die vegetativen Zellen (17 μ breit, 4—5 Mal so lang) regelmässig mit vier deutlichen Einschnürungen versehen sind, wenn man von der Einschnürung an den Querwänden absieht. Nur die Wände der Basalzelle sind glatt; sie hat einen etwas verbreiterten Fuss und ist nach oben keulenförmig angeschwollen. An einem zweizelligen Individuum beobachtete ich, dass an der zweiten Zelle nur die

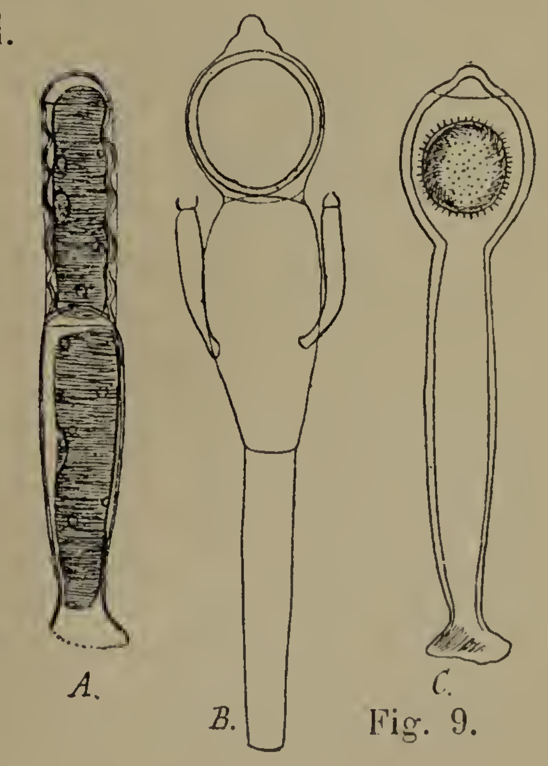


Fig. 9.

innere Membran undulirt war, während die äussere einen glatten Cylinder bildete (Fig. 9 A).

Die Fructificationsorgane dieser Art kenne ich nicht aus eigener Anschauung. Sie ist diöcisch, mit Zwergmännchen; die Oogonien stehen einzeln oder zu zweien, öffnen sich mit einem Loch in der untern Hälfte und werden von den Oosporen fast ausgefüllt. Die verlängerten, umgekehrt kegelförmigen Zwergmännchen sitzen auf den Stützzellen.

Bekannt aus Europa und Nordamerika, eine var. *senegalensis* hat Nordstedt beschrieben; derselbe schrieb mir, dass er aus Australien eine abweichende Form (*β. incisum*) gesehen habe.

12. *Oe. cyathigerum Wittr.* (14). Burpengary.

Diese Art stimmt mit der vorigen in der Einzelligkeit der Zwergmännchen überein. Dieselben sitzen zahlreich am oberen Ende der Stützzelle und sind ca. 12 μ dick und 60 μ lang. Die Oogonien sind elliptisch (nahezu oblong), 58 μ breit, fast 80 μ lang, die Oosporen, welche das Oogonium ausfüllen, entsprechend kleiner. Die vegetativen Zellen sind sehr lang (20—30 μ dick, 6—7 Mal so lang), die Stützzelle ist dicker (45 μ).

Die typische Form, zu welcher die australischen Exemplare gehören dürften, ist aus Europa und Nordamerika bekannt.

13. *Oe. flavescens (Hass.) Wittr.* (14). Burpengary.

Die vegetativen Zellen sind 14—16 μ breit und 4—6 Mal so lang, die Stützzelle unterscheidet sich nicht von den übrigen. Die Oogonien haben, von der Seite gesehen, eine fast sechseckige Form, die seitlichen Ecken sind aber stark abgerundet und die Seiten, welche diese Ecken bilden, sind doppelt so lang, als die obere und untere Seite; das Oogonium ist 42 μ breit und 48 μ hoch, die Oeffnung, welche etwas über der Mitte liegen soll, fand ich ziemlich genau in der Mitte. Die Oosporen füllen das Oogonium aus, sind also annähernd sechseckig bis rhombisch, während sie in andern Fällen (nach den Beschreibungen) kuglig sind und also das Oogonium nicht ausfüllen. Die Zwergmännchen sitzen auf den Stützzellen, sind 42 μ lang, haben einen unten etwas gekrümmten Stiel und ein zweizelliges Antheridium.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

An den Fäden findet sich eine *Chytridiacee* (vielleicht ein *Phlyctidium*) ansitzend, einzeln oder meist gruppenweise; die Sporangien sind oval (10 : 22 μ) unten in einen kurzen Stiel verschmälert und werden bei der Oeffnung in einen kurzen Hals ausgezogen.

14. ?*Oe. birmanicum Wittr.* (14). Burpengary.

Die vegetativen Zellen sind 11—12 μ dick, 5—8 Mal so lang, die Stützzelle ist oben doppelt so dick, die Oogonien sind apical, kuglig bis elliptisch (36 : 46 μ), die Oospore (34 : 38 μ) füllt das Oogonium fast aus; die Zwergmännchen haben einen einzelligen, langen (8 : 36 μ), unten etwas gebogenen Stiel, das Antheridium ist einzellig (Fig. 9 B). Da die Sporen nicht ganz reif waren und die Oeffnung des Oogoniums nicht zu sehen war, ist die Bestimmung nicht sicher. Nordstedt schreibt, dass die Exemplare an *Oe. birmanicum* und *Oe. monile Berk. et Harv.* erinnern. Für ersteres passen Maasse und Beschreibungen

recht gut, bei der typischen Art öffnen sich die Oogonien durch einen oberen Porus, die Sporenmembran ist glatt. Bei *Oe. monile* füllen die Oosporen das Oogonium ganz aus, die Oosporenmembran ist verruculös; die Oosporen sind kuglig, aber gerade die apicalen etwas elliptisch (nach Nr.'s Mittheilungen); die Oogonien öffnen sich mit einem oberen Porus; die Maasse würden ebenfalls passen.

Oe. birmanicum ist nur aus Birma, *Oe. monile* nur aus Tasmanien bekannt.

15. ?*Oe. Pringsheimii Cram.* (21). Nines Waterhole, Myrtle.

Vegetative Zellen 10—12 μ dick, 3—5 Mal so lang, die Stützzelle nicht von ihnen verschieden oder, wenn das Oogonium apical ist, angeschwollen (—22 μ dick). Oogonien kuglig-elliptisch (27—32 μ breit, 37 μ lang), Oospore kuglig (28—30 μ). Männliche Exemplare nicht gesehen.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Afghanistan, eine var. *hians Nordst.* ist neuseeländisch.

Nach Nordstedt's Mittheilungen erinnern die Exemplare auch an *Oe. pachydermatosporum Nordst., moniliforme Wittr.* und *monile*.

16. *Oe. Boscii (Le Cl.) Bréb.* (14). Burpengary.

Eine ebenfalls diöcische Art mit männlichen und weiblichen Fäden, von denen nur letztere gesehen wurden. Vegetative Zellen 12—16 μ dick, 6—10 Mal so lang, das Oogon 44 μ breit, 74 μ lang, die länglich-elliptische Spore, 41 μ dick, 60 μ lang, füllt das Oogonium nicht aus, sondern lässt oben und unten einen Raum frei. Die Oogonien liegen einzeln; nach den Beschreibungen kommen sie auch paarweis vor und öffnen sich mit einem oberen Porus; die männlichen Pflanzen sollen ebenso dick wie die weiblichen sein, die Antheridien 3—6zelllig, mit je zwei Antherozoiden. Einigermaassen auffallend ist die bedeutende relative Länge der Zellen bei einigen australischen Exemplaren.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

17. *Oe. pachydermatosporum Nordst.* (13). Burpengary.

Eine nicht vollständig bekannte Art. Ich beobachtete nur einen Faden mit vier benachbarten Oogonien, welche 35—36 μ dick und 38—54 μ lang waren und noch die Oeffnung mit einem oberen Porus zeigten. Die kugligen Oosporen (32 μ) füllten die Oogonien nicht aus. Die Oosporenmembran war glatt, vielleicht aber waren die Oosporen noch nicht reif, da bei den reifen die Membran oft punctirt ist.

Nordstedt hat bei seinen Exemplaren von den Sandwichinseln — die Pflanze ist nur von dort bekannt — zwischen den weiblichen Fäden andere Fäden mit kurzen Zellen gesehen und vermuthet, dass es die männlichen sind; er theilt mir mit, dass nach Wittrock's Ansicht diese Art vielleicht nur eine Form von *Oe. moniliforme Wittr.* ist.

18. Sterile Oedogonien von verschiedener Grösse und Gestalt der Zellen waren an verschiedenen Orten gesammelt (Nr. 8, 9, 12, 13, 14, 18, 20, 25). Es sei von denselben nur eine bei Burpengary gefundene Form erwähnt, weil sie sich dadurch auszeichnet, dass die

Fäden in ein mehrzelliges Haar ausgehen. Die Fäden sind gerade und aufrecht, ca. 1,5 mm lang, die Zellen im unteren Theile ca. 14 μ dick, 5—7 Mal so lang, die letzte Zelle vor dem Haar ist nach oben plötzlich stark verjüngt und trägt hier eine grosse Anzahl von Kappen. Das Haar besteht aus 5—9 Zellen, die unteren sind ca. 10 μ, die obersten nur noch 6 μ dick, die mittleren sind die längsten. Sie sind relativ inhaltsarm, doch lässt sich in jeder Zelle noch ein Kern in der Mitte und ein reducirtes Chromatophor bemerken.[1]) Solche mehrzellige Haare kommen noch vor z. B. bei *Oe. Huntii Wood* und *Oe. polymorphum Wittr. et Lund.* Vielleicht gehört die vorliegende Form zu letzterer Art.

19. Ein eigenthümliches Oedogonium, das wahrscheinlich, wie auch Dr. Nordstedt meint, durch einen Parasiten eine Hemmung in der Entwickelung erfahren hat, bilde ich noch ab (Fig. 9 C). Die ganze Pflanze besteht aus einer unten keulenförmigen, oben kuglig angeschwollenen Zelle mit kleinem deckelförmigem Aufsatz (145 μ lang), in der kugligen Anschwellung liegt eine stachlige Kugel, die ververmuthlich dem Parasiten angehört. Ich habe diese Gebilde in gleicher Weise einige Male beobachtet; sie wurden ebenfalls bei Burpengary (14) gesammelt.

Fam. 4. *Ulotrichiaceae (Kütz.) Borzi em.*

Ulotricheae (Rabh.) Borzi.

7. *Hormiscia Fries.*

Die Arten von *Hormiscia* sind schwer zu trennen; Stockmayer will sogar alle Süsswasserformen der alten Gattung *H.* zu einer Art, *H. zonata,* zusammenfassen, hat dabei aber die dünneren Formen nicht berücksichtigt. Die verschiedenen Fäden von *Hormiscia*-Arten, die ich in mehreren Aufsammlungen fand, lassen sich auf zwei Typen zurückführen, nämlich solche mit längeren Zellen und dünnen Wänden und solche mit kürzeren Zellen und dickeren Wänden. Ich unterscheide sie als:

20. *H. subtilis (Kütz.) De Toni.* (5, 24, 25). Fairfield, Burpengary.

Das Aussehen der Fäden wechselt nach der relativen Länge der Zellen und der Beschaffenheit des Chromatophors, indem letzteres theils als ein ringförmiges Band in der Mitte, theils als eine schmale, der einen Seite anliegende Masse, theils als die Zelle fast ganz ausfüllend erscheint; ich kann aber auf diese Unterschiede kein Gewicht legen, weil ich nicht sicher bin, ob der Alkohol die ursprüngliche Beschaffenheit conservirt hat.

Die Zellen haben eine dünne, ungeschichtete Membran, sind 5—6, oder 7—8, oder 8—11 μ dick und meist 2—3 Mal, seltener ebenso lang als der Durchmesser. Bisweilen sind die Längswände in der Mitte etwas eingezogen (Fig. 11).

Diese Art ist in verschiedenen Varietäten in Europa allenthalben verbreitet, Nordstedt hat in Neuseeland die var. *tener-*

---

1) Betreffs der Haare vgl. Biolog. Centralbl. Bd. XII Nr. 3 S. 85 Fig. 5.

rima (= Ulothrix mucosa Thur.) constatirt, deren Zellen kürzer oder ebenso lang wie der Durchmesser sind.

21. *H. zonata (Web. et Mohr.) Aresch.* (25). Burpengary, Reservewasserbecken.

Die Zellen sind meist 10 µ dick und halb so lang, selten vor der Theilung ebenso —, bei lebhafter Theilung auch nur ein Viertel so lang. Die Membran zeigt zwei Schichten, indem jede Zelle ihre eigene Membran hat und der Zellfaden von einer gemeinsamen Scheide umgeben ist. Der Inhalt ist mehr oder weniger gleichmässig im Lumen vertheilt. Hie und da wurden Anschwellungen des Fadens beobachtet und in den angeschwollenen Zellen auch Längstheilungen (Fig. 10), so dass der Faden stellenweise zweireihig war, oder aus zwei Fäden zusammengewachsen erschien, ganz in der Weise wie es Kützing (Tab. phycol. II, 84) für *Hormospora mutabilis (Bréb.)* abbildet.

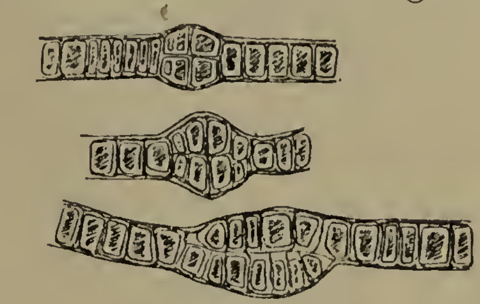


Fig. 10.

Bekannt aus Europa, Nordamerika und Neuseeland.

b. *Chaetophoreae (Harv.) Hass.*

8. *Chaetosphaeridium Klebahn.*

22. *Ch. Pringsheimii Klebahn* (14). Burpengary.

Ich hatte diese Alge untersucht und beschrieben, als ich Klebahn's Entdeckung, die im Generalversammlungsheft der deutschen botanischen Gesellschaft (Bd. IX, S. [7]) mitgetheilt wird, erfuhr und aus brieflichen Mittheilungen, Zeichungen und einem Präparat, was mir der genannte Autor mit grosser Liebenswürdigkeit zukommen liess, erkannte, dass ich dieselbe Alge, wie er, beobachtet hatte. Vorher glaubte ich die Pflanze vor mir zu haben, welche Nordstedt als *Aphanochaete globosa* bezeichnet hat, und unter diesem Namen habe ich auch über sie im biologischen Centralblatt (Bd. XII Nr. 3 S. 107 Fig. 7) einige Mittheilungen gemacht. Obgleich die Beschreibung nicht ganz passt, so ist doch die Abbildung, die Nordstedt gibt,[1]) abgesehen von dem Vorhandensein einer Gallerthülle und dem Fehlen der leeren Verbindungsschläuche, derartig, dass eine Verwechslung leicht möglich erscheint. Darum führe ich auch die Alge unter den *Chaetophoreae* an der Stelle von *Aphanochaete* an, worin ich durch Klebahn's Ansicht über die systematische Stellung von *Chaetosphaeridium,* die ich allerdings nicht ganz theile, bestärkt werde. Ich lasse die Beschreibung folgen, wie ich sie ursprünglich aufgeschrieben hatte, und verweise bezüglich weiterer Details und der Abbildungen auf die ausführliche Arbeit Klebahn's, die in Pringsheim's Jahrbüchern erscheint.

Ihre runden Zellen sitzen colonienweise an *Coleochaete* und verschiedenen fadenförmigen Algen an. Der Thallus besteht zunächst aus einer kugligen Zelle, welche an einem Pol dem Substrat aufsitzt, am anderen Pol in einen dünnen spitzen Fortsatz ausgeht, der zu einem

---

1) De Algis aquae dulcis et Characeis ex insulis Sandvicensibus a Berggren reportatis. Taf. II, Fig. 22 – 23. Hier ist auch die horizontale Theilung angedeutet.

äusserst langen und dünnen, gewöhnlich in vielfache Windungen gelegten Haare ausgezogen ist. Dasselbe bildet also eine einfache Fortsetzung des Zelllumens und ist nicht durch eine Querwand abgetrennt.[1]) Im untern Theil finden wir ein die Zelle fast ausfüllendes Chromatophor mit einem Pyrenoid. Die Zelle theilt sich durch eine in der Ebene des Aequators liegende Wand, die untere Zelle stülpt sich darauf aus und wird zu einem kürzeren oder längeren Schlauch, der am Ende wieder kuglig anschwillt. Darauf nimmt diese Kugel alles Plasma auf, grenzt sich durch eine Wand von dem leeren Theil ab und bildet an der anderen Seite ein Haar. In der ersten Zelle, von der wir ausgingen, wölbt sich der obere Theil in den entleerten unteren hinein; dass hier eine zweite Theilung auftritt, habe ich nicht beobachten können, wohl aber sah ich ganz entleerte Zellen, die wahrscheinlich dadurch entstanden sind, dass auch der obere Theil einen Schlauch bildet und sein Plasma auswandert. Durch die Theilung und Neubildung der Zellen entstehen so Colonien von kugligen haartragenden Zellen, die theils dicht beisammen liegen und dann durch sehr kurze Zwischenstücke, theils weiter von einander entfernt und dann durch lange leere Schläuche verbunden sind. Die Zellen haben einen Durchmesser von ca. 9 μ. Diese Kleinheit erschwert die Beobachtung ebensowohl wie der Umstand, dass die Alge meist zwischen den Zweigen anderer vorkommt.

Chaetosphaeridium Pringsheimii ist bei Bremen, auch an einer *Coleochaete,* beobachtet worden.

9. *Herposteiron Naeg.*

23. *H. confervicolum Naeg.*

α. f. *typica* (12.) Kelvin Grove.

Die gewöhnliche verzweigte Form wuchs ziemlich reichlich auf einem sterilen *Oedogonium.* Die Zellen sind etwa 5—10 μ dick und von verschiedener Länge, viele mit Haaren versehen. Dass letztere einzellig, also nicht septirt, doch durch eine Querwand von der Tragzelle getrennt sind, habe ich bereits an anderer Stelle besprochen und dort auch das Vorkommen von verzweigten Haaren erwähnt.[2])

Diese Form ist bekannt aus Deutschland und Südamerika, wahrscheinlich aber allgemein im Süsswasser verbreitet, vielleicht auch mit *Aphanochaete repens* verwechselt, welche Nordstedt für die Sandwichinseln und Neuseeland angibt.

β. f. *bicellularis* (25.) Burpengary.

Diese Form, welche sich dadurch auszeichnet, dass der Thallus in der Regel nur aus zwei Zellen besteht, wurde auf *Hormiscia subtilis* gefunden (Fig. 11). Die beiden Zellen sind am Ende zugespitzt, so dass der Thallus von oben spindelförmig aussieht. Meist trägt jede der beiden Zellen, manchmal nur eine ein Haar. Längere Fadenstücke wurden

Fig. 11.

1) Vgl. Beschreibung und Abbildung im Biolog. Centralbl.
2) Biolog. Centralbl. Bd. XII Nr. 3 S. 98 Fig. 6.

nur ausnahmsweise zwischen den zweizelligen gesehen. Die letzteren sitzen in der Regel gruppenweise beisammen, so dass der *Hormiscia*-Faden streckenweise von ihnen bedeckt ist.

10. *Stigeoclonium Kütz.*

24. *St. amoenum Kütz.* var. *novizelandicum Nordst.* (6).

Enoggera Creek, Kelvin Grove, an Steinen im fliessenden Wasser.

Bildet Büschel von 7—8 mm Höhe; die Zellen, wenigstens der unteren Aeste, sind an den Querwänden deutlich eingeschnürt, die des Hauptstammes 21—27 μ dick und 1—2 Mal so lang. Die Aeste entspringen meist zu zwei, nicht opponirt, sondern nahe zusammen, die kleinen Aestchen entspringen meist einzeln. Die Zellen der stärkeren Seitenäste sind 10—15 μ dick und 1—3 Mal so lang, die der letzten Zweige nur 7—8 μ dick und meist drei Mal so lang. Das Chromatophor bildet in allen Zellen ein schmales Band in der Mitte. Von den unteren Theilen der Hauptäste gehen zahlreiche, lange, gegliederte Rhizoiden aus. Haare fehlen.

Die var. *novizelandica* unterscheidet sich von der typischen Form hauptsächlich durch die angeschwollenen (an den Querwänden eingeschnürten) Glieder und die grösseren Dimensionen, wesshalb ich die vorliegende Alge zu ihr rechne.

Sie ist bisher nur aus Neuseeland bekannt, die typische Form aus Europa und Nordamerika.

25. *St. australense* nov. spec. (12).

Kelvin Grove.

Aus der kleinen Alge, welche nur in einem vollständigen Exemplar beobachtet wurde, muss ich eine neue Art machen, weil auf sie keine der Diagnosen der bekannten Arten passt und ich auch keine mit ihr übereinstimmende Abbildung gefunden habe (Fig. 12).



Fig. 12.

Die zahlreichen, von einer Stelle ausgehenden Hauptäste bilden ein 2 mm hohes Büschel. Die Zellen sind cylindrisch, oben kaum dünner als unten, im Allgemeinen 6—7 μ breit und 2—5 Mal so lang. Das Chromatophor füllt die Zellen fast ganz aus. Die grösseren Aeste entspringen meist einzeln, selten opponirt und sind oben mit kurzen Seitenästchen, die auch zu zweien von einer Stelle ausgehen können, besetzt. Die Verzweigung ist eine dichte, die Zweige sind aufrecht abstehend; die meisten endigen in ein langes, mehrzelliges Haar. Mehrfach waren die Zellen in der Nähe der Astenden in Schwärmsporenbildung

begriffen, dann natürlich angeschwollen und in kurze Glieder getheilt. Rhizoiden fehlen.

c. *Conferveae (Bonnem.) Lagh.*

11. *Conferva (L.) Lagh.*

26. (?) *C. bombycina (Ag.) Lagh.* (2).

Sümpfe bei Fairfield.

Eine sichere Bestimmung lässt sich an Material, das in Alkohol conservirt ist, nicht machen, denn der Inhalt der Zellen ist nicht mehr ordentlich erhalten und die Farbe der Fäden, die ebenfalls als Merkmal gilt, ist nicht mehr vorhanden. In Aussehen (Zellen an den Querwänden etwas eingeschnürt) und Maassen (Zellen ca. 7 μ breit, 2—3 Mal so lang) stimmt die vorliegende Form mit *C. bombycina* überein, welche in allen Welttheilen verbreitet zu sein scheint, für Australien aber noch nicht angegeben ist.

Ordo II. *Siphoneae Grev. em.*

Fam. 5. *Vaucheriaceae (Gray) Dumort.*

12. *Vaucheria DC. (Vauch.).*

27. *V. geminata DC. em. Walz.* (19).

Sumpf an der Strasse, Eagle Farm, Brisbane River.

Die Fructificationsorgane waren meist noch unentwickelt, doch wurden auch einzelne Oogonien mit reifen Sporen beobachtet; dieselben sitzen paarenweis an kurzen Seitenzweigen, das Antheridium zwischen sich nehmend. Die Hauptfäden hatten einen Durchmesser von 50—80 μ, die Oosporen mit dreischichtiger Membran waren ca. 60 : 70 μ gross.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

Ordo III. *Protococcoideae (Menegh.) Kirchn.*

Fam. 6. *Palmellaceae (Decn.) Naeg. em.*

a) *Coenobieae Falkenb.*

13. *Scenedesmus Meyen.*

28. *Sc. quadricauda (Turp.) Bréb.* (14). Burpengary.

In vereinzelten Exemplaren.

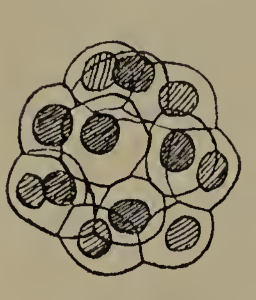
Wohl allgemein verbreitet, aber für Australien noch nicht angegeben.

14. *Coelastrum Naeg.*

29. *C. sphaericum Naeg.* var. *compacta* n. var. (14). Burpengary.

Diese Form unterscheidet sich von der typischen dadurch, dass die Zellen weniger stark nach aussen verlängert sind und kleinere drei- oder viereckige Zwischenräume bilden (Fig. 13). Die Colonien sind kuglig, 30—40 μ dick, die Zellen mit Hülle ca. 15 μ dick, die Zahl der Zellen einer Colonie scheint 16—32 zu betragen.

Die typische Form ist bekannt aus Europa, Argentinien, Sibirien, Neuseeland.



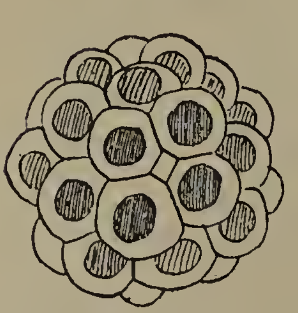


Fig. 13.

b. *Tetrasporeae (Naeg.) Klebs ampl.*

15. *Schizochlamys A. Br.*

30. *Sch. gelatinosa A. Br.* (14). Burpengary.

Zellen 8—14 μ dick, meist zu vier, umgeben von den gesprengten Hüllen der Mutterzellen. Kleine Colonien fanden sich zwischen den *Coleochaete*-Polstern.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

16. *Palmodactylon Naeg.*

31. *P. subramosum Naeg.* (14). Burpengary.

Zahlreiche Exemplare von verschiedener Form und Grösse wurden zwischen andern Algen beobachtet (Fig. 14). Im einfachsten Fall liegen vier Zellen in einer Reihe, bei den weiteren Theilungen bilden sich ganz unregelmässig gekrümmte Schläuche, meist sind noch die Gruppen von vier Zellen zu erkennen. Die Zellen sind rundlich, 8—14 μ dick (ohne Hülle), die Schläuche sind bis 34 μ dick.



Fig. 14.

Bekannt aus Europa und Sibirien.

17. *Tetraspora Link.*

32. Bei Burpengary wurden kleine Thallome von unbestimmter Form gefunden, die offenbar einer *Tetraspora* angehörten. Die zu vier gruppirten Zellen waren 6—14 μ gross. Für Australien wird nur die fragliche *T. intricata Berk. et Harv.* (Tasmanien) angeführt.

c. *Palmelleae (Decn.) De Toni.*

18. *Botryococcus Kütz.*

33. *B. Braunii Kütz.* (18). Victoria Park, Schlamm.

Die Familien sind 70—130 μ gross, von unregelmässig rundlicher Form. Die Hüllen sind braungelb, die Zellen elliptisch oder etwas keilförmig, 4 μ breit, 12—14 μ lang, also etwas schlanker als gewöhnlich.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

19. *Protococcus Ag.*

34. *P. infusionum (Schrank.) Kirchn.* (13). Burpengary.

Zellen mit Hülle ca. 45 μ im Durchmesser.

Allgemein verbreitet.

Ordo IV. *Conjugatae (Link.) De Bary.*

Fam. 7. *Zygnemaceae (Menegh.) Rabenh.*

a. *Mesocarpeae De Bary.*

20. *Mougeotia Ag.*

35. *M. laetevirens (A. Br.) Wittr.* (14). Burpengary.

Nur ein kurzes copulirendes Fadenpaar wurde gefunden. Die Zygote lag im Copulationskanal, war 40 μ hoch und 45 μ breit, die vegetativen Zellen waren 22 μ breit, Maasse, welche mit denen der Diagnose übereinstimmen. Diese Art ist Vertreter der Section *Craterospermum (A. Br.)*.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

b. *Zygnemeae (Menegh.) De Bary em.*

21. *Zygnema Ag.*

36. *Z. leiospermum De Bary* (25). Burpengary.

Zellen der Fäden sehr gleichmässig 22—24 μ dick, 1—1½ Mal so lang, selten etwas kürzer als der Durchmesser, an den Querwänden schwach eingeschnürt, mit zwei deutlichen grossen sternförmigen Chromatophoren in jeder Zelle. Sporen nicht gesehen.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

37? *Z. tenuissimum Grun.* (24). Burpengary, Reservewasserbecken.

Diese Art wird von De Toni unter den species accuratius inquirendae angeführt. Ihre Diagnose: „Tenuissimum, cell. veg. 9 μ latis, diam. 10 plo longioribus, endochromate in stellulas binas approximatas congesto“ passt genau auf die vorliegende Form, deren Fäden zum Theil copulirt und Zygoten gebildet hatten. Die Zygote ist kuglig, 17 μ im Durchmesser und liegt im Copulationskanal; in letzterer Beziehung würde also diese Art in dieselbe Gruppe wie die vorige gehören.

Die genannte Art, deren Sporen unbekannt sind, wird von Grunow aus Niederösterreich angegeben.

38*. *Z. (Zygogonium) pectinatum (Kütz.) Ag.* (25).

Burpengary, Reservewasserbecken.

Vegetative Zellen an den Querwänden etwas eingeschnürt, in der Mitte angeschwollen, 20—23 μ dick, 1—3 Mal so lang, mit bräunlicher Membran und mehr oder weniger dicker Gallertscheide. Nach den Dimensionen der Fäden, die geringer sind als bei der typischen Form, würde die vorliegende Alge vielleicht zur var. *conspicua (Hass.) Kirchn.* zu stellen sein, doch wurden die Sporen nicht gesehen.

Bekannt aus Europa, Nord- und Südamerika und Australien.

Z. (Zygogonium) ericetorum (Kütz.) Hansg.

a. (17). Burpengary.

Zellen cylindrisch, 24 μ dick, 3—4 Mal so lang, ohne Gallerthülle, Sporen nicht gesehen.

b. (5). Fairfield.

Zellen 18 μ dick, 1—2 mal so lang, einzelne mit seitlichen Ausstülpungen. Vielleicht ist es die var. *terrestris Kirchn.,* für welche nach Kirchner solche seitliche Ausstülpungen charakteristisch sind; ihre Sporen sind unbekannt.

Wahrscheinlich allgemein verbreitet, speciell für Europa und Nordamerika angegeben.

22. *Spirogyra Link.*

Zahlreiche Arten dieser Gattung wurden beobachtet, die meisten aber leider steril und folglich unbestimmbar. In Fructification fanden sich nur zwei Arten.

40. *Sp. punctata Cleve* var. *tenuior* n. var. (14). Burpengary.

Diese Art gehört in die Section *Conjugata Hansg.* (mit geraden Querwänden) und in die Subsection *Monozyga Hansg.* (wo der Cogulationsschlauch nur von der einen Zelle gebildet wird). Sie zeichnet sich aus durch die bei der Reife gelben Sporen mit körniger Mittel-

haut. Bei der typischen Form sind die vegetativen Zellen 24—27 μ dick, 6—12 Mal so lang mit einem Chlorophyllband von $3^1/_2$—7 Umgängen, die Sporen 35—37 μ breit, $1^1/_2$—2 Mal so lang. Bei der vorliegenden Form sind die vegetativen Zellen nur 18—20 μ dick und 3—5, selten bis 8 Mal so lang, mit einem Chlorophyllband von 3—5 Umgängen, die Sporen 30—32 μ breit und 66—70 μ lang. Ich habe desswegen eine besondere Varietät aufgestellt.

Die Art ist bekannt aus Europa, Nordamerika, Afghanistan.

41. *Sp. calospora Cleve* (26).

Aus Sümpfen bei dem Caboolture(?) River.

Diese Art gehört zur Section *Salmacis (Bory) Hansg.* (mit gefalteten Querwänden) und zwar zu den Arten mit nicht glatter Sporenmembran.

Die vegetativen Zellen sind bei der vorliegenden Form ca. 27 μ breit und 5—8 Mal so lang, mit einem Chlorophyllband von 4—5 Umgängen. Die fructificirenden Zellen sind etwas angeschwollen und kürzer als die vegetativen. Die Sporen sind elliptisch, 30—36 μ breit, 64—70 μ lang, im reifen Zustand braun mit fein punktirter Mittelhaut, die im optischen Durchschnitt fein radiär gestreift erscheint. Die Maasse können bei dieser Art in gewissen Grenzen variiren, wesshalb Cooke mehrere Formen davon annimmt.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

Fam. 8. *Desmidiaceae (Kütz.) De Bary.*

Die meisten Desmidieen stammen aus den Aufsammlungen von Burpengary (13, 14), doch kommen hier die Arten meist nur in vereinzelten Exemplaren vor, weshalb auch Zygotenbildung nur äusserst selten beobachtet wurde.

a. *Eudesmidieae Hansg.*

33. *Desmidium Ag.*

42. *D. quadrangulare Kütz.* (13). Burpengary.

Die Zellen stimmen in ihrer Gestalt vollständig mit der typischen Form der Art überein (conf. Abb. in Ralfs, Britsh Desmids t. V), haben aber kleinere Maasse, so dass sie nur halb so breit sind, als angegeben wird, nämlich 30 μ breit und $^1/_2$—$^2/_3$ Mal so lang. Es wurden nur vereinzelte Fadenstücke gesehen.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Brasilien, Birma.

24. *Hyalotheca Ehrb.*

43. *H. dissiliens (Smith) Bréb.* (14). Burpengary.

Das Längenverhältniss der Zellen zu ihrer Breite wechselt bei dieser Art, gewöhnlich sind sie etwa $^1/_2$ so lang als breit, hier betrug die Länge ca. $^2/_3$ der Breite (12—14 μ lang, 16—20 μ breit). Von einer Gallerthülle war auch nach Färbungsversuchen nichts zu sehen; dieselbe scheint zwar bei der typischen Art regelmässig vorhanden zu sein, fehlt aber bei der var. *tatrica Racib.*, welche sich von der vorliegenden Form dadurch unterscheidet, dass bei ihr die Zellen fast ebenso lang als breit sind.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Sibirien, Thibet.

25. *Onychonema Wallich.*

44. *O. filiforme (Ehrb.) Roy et Bisset.* (14). Burpengary.

In vereinzelten Fadenstücken, deren Zellen 12—14 μ lang und ebenso breit waren. Diese Maasse passen zu den für die typische Form angegebenen; Nordstedt's Exemplare aus Neuseeland waren etwas grösser.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Japan, Birma, Neuseeland.

26. *Gymnozyga Ehrb.*

45. *G. moniliformis Ehrb.* (13). Burpengary.

Typische Form, Zellen 21—28 μ lang, 16—19, am Ende 11—14 μ breit, die Zeichnung der Membran sehr undeutlich.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Brasilien, Birma, Sibirien, Java, den Sandwichinseln, Neuseeland; eine var. *gracilescens* aus Brasilien und New Jersey.

b. *Didymoideae (Reinsch) Hansg.*

27. *Cylindrocystis Menegh.*

46. *C. Brebissonii Menegh.* (14). Burpengary.

Zellen 25 μ breit, 60 μ lang, mit breiten, abgerundeten Enden (Fig. 6 c. T. XXV in Ralfs, Brit. Desm. entsprechend).

Bekannt aus Europa, Nord- und Südamerika, Sibirien, Birma.

28. *Closterium Nitzsch.*

47. *C. gracile Bréb.* (14). Burpengary.

Ausser der typischen Form (5—6 μ breit, 133 μ lang) wurde noch eine kleinere Form beobachtet, die kaum 4 μ dick und 90 μ lang war; sie würde nach den Dimensionen eher zu *C. Lundellii Lagh.* passen, welches sich von *C. gracile* besonders durch die Form der Zygoten unterscheidet. Dieselben wurden aber nicht gesehen.

C. gracile ist aus verschiedenen Ländern Europas, aus Nordamerika und Neuseeland bekannt.

48. *C. juncidum Ralfs* (14). Burpengary.

Diese Art ist sehr veränderlich in der Länge der Zellen, ich fand sie 11—16 μ in der Mitte dick und 156—350 μ lang.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Grönland, Birma.

49. *C. acerosum (Schrank) Ehrb.* (26) aus den Sümpfen bei dem Caboolture(?) River.

Selten, 52 μ breit, 715 μ lang; Zellhaut glatt. In letzterer Beziehung sind die Angaben verschieden: Ralfs (Brit. Desm.) sagt, dass die Streifen fehlen oder undeutlich sind, nach Kirchner (Algen Schlesiens) ist die Zellhaut meist deutlich gestreift, nach De Toni (Sylloge) glatt oder meist sehr deutlich gestreift.

Die Art scheint überall vorzukommen, doch wird sie für Australien noch nicht angegeben; zu den bei De Toni genannten Lokalitäten kann ich noch Java hinzufügen.

50. *C. acutum Bréb.* (14). Burpengary.

In Form und Maassen mit den Angaben übereinstimmend: 11—12 μ dick, 135—150 μ lang.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Grönland, Nova Semlia, Birma, Neuseeland.

51. *C. lineatum Ehrb.* (14). Burpengary.

28 μ breit, 530 μ lang, Membran bräunlich und fein längsgestreift, in der Mitte mit zwei Querstreifen.

Bekannt aus Europa, Nordamerika und Japan.

Die var. *sandvicensis Nordst.* (Sandwichinseln und Neuseeland) unterscheidet sich durch dichter gestellte Streifen, mehr bräunliche oder röthliche Membran, stärkere Auftreibung in der Mitte und grössere Dimensionen (36—40 μ dick), sie wurde nicht unter den australischen Algen beobachtet.

52. *C. Dianae Ehrb.* (14). Burpengary.

Zellen in der Mitte 15—24 μ dick, 200—320 μ lang, Membran schwach bräunlich, ganz fein gestreift.

Eine weit verbreitete Art: Europa, Nord- und Südamerika, Asien, Sandwichinseln, Neuseeland.

Von einer, dem *C. Dianae*, ähnlichen Art sah ich zwei in Copulation befindliche Exemplare; die Zygospore war ungleichseitig viereckig mit stark abgerundeten Ecken, wahrscheinlich also abnorm oder unvollkommen ausgebildet, ihr Durchmesser betrug 18 : 22 μ. Die copulirenden Zellen waren in der Mitte 9 μ breit und 86 μ lang, ihre Membran hatte eine ähnliche Beschaffenheit wie die von *C. Dianae*.

53. *C. parvulum Naeg.* (14). Burpengary.

Zellen 9 μ dick, 70 μ lang, die (nicht beobachteten) Zygosporen sind kuglig (nach Abb. in Wolle, Desm. U. S. T. VIII. Fig. 16).

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Sibirien, Grönland, den Sandwichinseln.

54. *C. Ehrenbergii Menegh.* (14). Burpengary.

Ausser der typischen Form mit deutlich bauchig aufgetriebener Mitte (92 μ dick, 540 μ lang) fand ich öfters Exemplare, welche diese Auftreibung nicht oder nur angedeutet zeigen, sich somit dem *C. Malinervianum De Not.* nähern (60—90 μ dick, 400—570 μ lang, Membran glatt und farblos). Da Uebergänge vorhanden sind, scheint es mir besser, das letztere nur als Varietät von *C. Ehrenbergii* zu betrachten, wie es auch Rabenhorst gethan hat.

C. Ehrenbergii ist aus Europa, Nord- und Südamerika, Neuseeland und Japan bekannt, *C. Malinervianum* nur aus Europa.

Nordstedt erwähnt unter seinen neuseeländischen Algen (l. c. p. 69) auch ein *C. moniliforme (Bary) Ehrb.*, dessen Mitte nur ganz wenig bauchig aufgetrieben war; diese Art ist der vorigen sehr ähnlich, hat aber geringere Dimensionen (36—55 μ, selten bis 72 μ dick).

55. *C. Kuetzingii Bréb.* (14). Burpengary.

In der Mitte 16 μ breit, an den farblosen Enden auf 2 μ verdünnt, bis 530 μ lang, in der Mitte deutlich gestreift.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Japan, Neuseeland.

29. *Penium Bréb.*

56? *P. closterioides Ralfs* (14). Burpengary.

Die gefundene Form steht dieser Art am nächsten, ist aber bedeutend schlanker (nur 30 μ breit, gegen 40—44 μ; 200 μ lang).

Die typische Art ist bekannt aus Europa, Nordamerika, Brasilien, Birma.

30. *Tetmemorus Ralfs.*

57. *T. Brebissonii Ralfs* var. *attenuata Nordst.* (14). Burpengary.

Die Zellen sind bei dieser Form von vorn gesehen (wo der Einschnitt am Ende sichtbar ist) nach den Enden verjüngt, während sie bei der typischen Form cylindrisch sind. Die Maasse (22—24 μ breit, am Ende 14—17 μ, 110—140 μ lang) sind etwas kleiner als die von Nordstedt gefundenen.

Diese Varietät ist nur aus Neuseeland bekannt, während die typische Art in Europa und Nordamerika gefunden wurde.

var. *tenuissima* nov. var. (14). Burpengary.

Als besondere Varietät möchte ich eine selten beobachtete Form bezeichnen, die sich wohl am ehesten an *T. Brebissonii* anschliesst: die Zellen haben eine scharfe Einschnürung in der Mitte und sind an der breitesten Stelle nur 12—14 μ dick, die Zellhälften annähernd cylindrisch, aber vor dem Ende etwas eingezogen, die Enden sind abgestutzt mit deutlichem Einschnitt, Zellen 128 μ lang, die Membran mit feinen in Längsreihen geordneten Punkten besetzt wie bei der typischen Form (Fig. 15).

Fig. 15.

31. *Triploceras Bail.*

58. *T. gracile Bail.* (14). Burpengary.

Sehr vereinzelt, nur in wenigen vollständigen Zellhälften gesehen. Dieselben waren 14 μ breit und 240 μ lang und entsprachen der forma *paullo gracilior Nordst.* mit zweigipfeligem Ende (conf. Nordst. N. Zeal. Alg. tab. VII fig. 12).

Bekannt aus Nordamerika, Indien und Neuseeland, die von Nordstedt aufgestellten Varietäten stammen alle aus Neuseeland.

32. *Disphinctium Naeg.*

59. *D. Cylindrus (Ehrb.?) Naeg.* (14). Burpengary.

In vereinzelten, sehr kleinen Exemplaren, die im Aussehen ganz der Fig. 2a Taf. XXV Ralfs, Brit. Desm., entsprechen, aber nur 9—10 μ dick (gegen 13—20 μ bei der typischen Form) und drei Mal so lang sind.

Bisher nur aus Europa bekannt.

33. *Pleurotaenium Naeg.*

60. *P. Ehrenbergii (Ralfs) Delp.* (1, 13, 24). Burpengary, Fairfield, Queenspark, Reservewasserbecken.

Diese Art war eine der am häufigsten beobachteten, die Grösse ist ziemlich variabel, doch passen die Maasse zu den angegebenen: 25—35 μ breit, 180—540 μ lang.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Sibirien, Java, Neuseeland, Senegal.

34. *Pleurotaeniopsis Lund.*

61. *P. turgida (Bréb.) Lund.* (14). Burpengary.

Die Zellen sind elliptisch, in der Mitte leicht eingeschnürt, an

den Enden abgestutzt, von oben gesehen kreisförmig, die Membran ist fein punktirt, Gestalt der Chromatophoren undeutlich, doch sind vier Pyrenoide in jeder Zellhälfte zu erkennen. Durchmesser am Isthmus 40—50 μ, Länge der Zellen 70—80 μ, diese Maasse bleiben etwas hinter den angegebenen zurück. *Pl. pseudoconnata Lagh.*, ebenfalls mit vier Pyrenoiden in jeder Zellhälfte, ist ähnlich, aber verhältnissmässig kürzer und von kleineren Dimensionen. *Disphinctium (Cosmarium) subglobosum (Nordst.) De Toni* hat dieselbe Zellform, aber nur ein Pyrenoid in jeder Zellhälfte und kleinere Dimensionen.

Bekannt aus Europa, Japan, Neuseeland.

62. *P. tessellata (Delp.) De Toni* var. *Nordstedtii* nov. var. (14). Burpengary.

Die Exemplare, auf welche ich die neue Varietät gründe, unterscheiden sich von der typischen Art (*Disphinctium tessellatum Delp.* specim. Desm. subalp. p. 232 t. 21 fig. 10—13) besonders durch die stärkere Mitteleinschnürung. Dadurch erscheinen die Zellhälften fast kuglig, mit abgeplatteten Polen. Die Membran bildet Vorsprünge in Form deutlicher an einander stossender Warzen, die in Längs- und Querreihen angeordnet erscheinen; in der Mitte der Zellhälften kann man etwa 18 Längsreihen und an jeder Zellhälfte etwa 13 Querreihen unterscheiden. Am Isthmus ist die Membran glatt. Der Zellinhalt war nicht deutlich zu erkennen, doch scheinen die Chromatophoren wandständig zu sein und je zwei (oder vier) Pyrenoiden zu enthalten (Fig. 16). Die grösste Breite der Zellen beträgt 60—65 μ, die des Isthmus 40—45 μ, die Länge 110—118 μ.

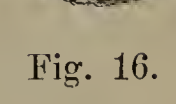


Fig. 16.

Pl. tessellata ist von Delponte in Italien und von Nordtstedt an javanischen Utricularien gefunden worden. Der letztere Autor, dem ich ein Präparat der australischen Alge vorlegte, hatte die Güte, mich auf die Zugehörigkeit derselben zur genannten Art und die Unterschiede von dieser aufmerksam zu machen, wesshalb ich mir erlaube, die Varietät nach ihm zu benennen.

35. *Cosmarium Corda.*

63. *C. Seelyanum Wolle* (18). Victoria Park.

Die gefundenen Exemplare stimmen sehr gut mit der Diagnose und Abbildung in Wolle, Desm. U. S. p. 73 t. XVIII fig. 33—35. Von vorn gesehen sind die Zellen annähernd quadratisch, an jeder Seite der Halbzelle finden sich zwei grösse, auf dem Rücken vier kleinere Vorwölbungen, die mittlere Prominenz ist von einem Ring kleiner Warzen umgeben, an der Peripherie sind die Punkte in zwei Halbkreisen geordnet; von oben gesehen sind die Zellen lang cylindrisch mit einer mittleren Ausbuchtung auf beiden Seiten; von der Seite gesehen erscheinen die Zellen bisquitförmig. Länge der Zellen 26 μ, Breite an der Einschnürung 22 μ, Breite des Isthmus 5 μ.

Bisher nur aus Nordamerika bekannt.

64. *C. Meneghinii Bréb.* forma? (18). Victoria Park.

Die beobachteten Exemplare unterscheiden sich von der typischen Form durch den achteckigen Umriss der Zellhälften; der Rand zeigt

also nicht vier, sondern sechs Einbuchtungen, im übrigen scheint mir Gestalt und Grösse der Zellen am besten zu dieser Art zu passen (Fig. 17, A von vorn, B von oben, C von der Seite). Breite 18—21 μ., Isthmus kaum ein Drittel so breit, Länge 26—28 μ. In jeder Zellhälfte ein Chromatophor mit einem deutlichen Pyrenoid. Die Form erinnert auch an *C. granatum Bréb.* var. *subgranata Nordst.* (Alg. Sandvic. p. 13 t. II fig. 8), das einen ähnlichen crenulirten Umriss und ähnliche Dimensionen hat, doch gehen hier die Seiten von der Basis aus erst aus einander und convergiren dann stärker als es bei *C. Meneghinii* der Fall ist.

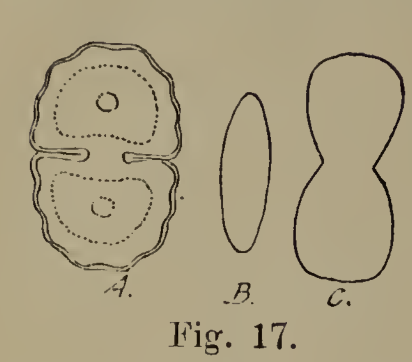


Fig. 17.

Diese Art kommt in verschiedenen Varietäten sehr weit verbreitet vor, doch finde ich sie für Australien noch nicht angegeben.

65. *C. obsoletum (Hantzsch) Reinsch.* (14). Burpengary.

Von oben gesehen beinahe kreisrund; ausgezeichnet durch die kurzen Stacheln an jedem der vier an der Einschnürung zusammenstossenden Ecken. Meine Maasse stehen in der Mitte zwischen den von De Toni (Sylloge p. 974) und Nordstedt (Alg. Mus. Lugdun. Batav. p. 7) angegebenen: Länge 52 μ., Breite 56 μ., Breite des Isthmus 26 μ. Die Exemplare waren sehr vereinzelt.

Bekannt aus Europa, Brasilien, Birma, Java.

66. *C. reniforme (Ralfs) Archer.* var. *compressa Nordst.* (18). Victoria-Park, Schlamm.

In zahlreichen Exemplaren gefunden, die oft in eine braune Masse eingehüllt waren. Die var. *compressa* unterscheidet sich durch die Ansicht der Zellen von oben, wobei sie lang elliptisch mit fast parallelen Längsseiten erscheinen, und durch die Anordnung der Punkte auf der Membran in Längs- und schiefe Reihen (quincunx.). Diese Eigenschaften passen auch auf die vorliegende Form. Zellen 56—62 μ lang, 50—52 μ breit, Isthmus 16 μ breit.

Var. *compressa* ist aus Neuseeland bekannt, die typische Form aus Europa, Nord- und Südamerika.

67. *C. subpunctulatum Nordst.* (14). Burpengary.

Die gefundenen Exemplare entsprechen der von Nordstedt gegebenen Abbildung und Beschreibung (N. Zeal. Alg. p. 47, T. V Fig. 8). Länge und Breite der Zellen ca. 30 μ., Isthmus 10—12 μ breit.

Bisher nur aus Neuseeland bekannt.

36. *Euastrum Ehrb.*

68. *E. cuneatum Jenn.* (14). Burpengary.

In zahlreichen Exemplaren von verschiedener Grösse: Länge 96—150 μ., Breite 42—64 μ., Isthmus 11—18 μ breit. Die Länge beträgt also wenig mehr als das Doppelte der Breite, während bei der von Nordstedt in Australien und Neuseeland gefundenen var. *sola* die Zellen drei Mal so lang als breit sind. Ausserdem zeigt diese var. von oben gesehen nur einen Höcker, während die typische Form deren drei besitzt.

Bekannt aus Europa, Grönland, Birma.

69. *E. ansatum Ralfs* (14). Burpengary.

Die Exemplare waren im Gegensatz zu denen der vorigen Art von ziemlich gleicher Grösse: 61—70 μ lang, 34—40 μ breit, Isthmus 10—14 μ breit. Die Seiten sind vor dem Endlappen etwas stärker gewölbt als bei der typischen Form, wodurch die vorliegende mehr der var. *supraposita Nordst.* gleicht, doch habe ich keine drei Höcker auf der Fläche jeder Zellhälfte beobachten können. Die Membran ist fein punktirt.

Bekannt aus Europa, Grönland, Nordamerika, Sibirien, Japan, Birma, Neuseeland, Hawai, Brasilien, also wohl allgemein verbreitet.

70. *E. binale (Turp.) Ralfs* (14). Burpengary.

Die australische Form entspricht vollkommen der Fig. 8 f. Tab. XIV, Ralfs, Brit. Desm., welche die var. β Ralfs illustrirt. Die Enden sind geradlinig abgeschnitten und ziemlich scharf winkelig eingeschnitten, an den oberen Ecken ist je ein grösserer Dorn, an den Seiten sind je zwei kleinere Dornen, unter jedem oberen Einschnitt findet sich ein deutlicher Vorsprung, der auch bei der Ansicht von oben sichtbar wird. Die Zellen sind 24 μ lang, 20 μ breit, der Istmus ist 4 μ breit.

Von dieser mit *E. elegans* verwandten Art sind zahlreiche Varietäten aufgestellt, unter denen sich aber var. β Ralfs nicht in De Toni's Sylloge (p. 1084) findet.

Wohl allgemein verbreitet: Europa, Nordamerika, Jamaika, Brasilien, Sandwichinseln, Birma, Sibirien, Afrika.

37. *Staurastrum Meyen.*

71. *St. dejectum Bréb.* (14). Burpengary.

In wenigen Exemplaren gesehen; von oben dreieckig mit abgerundeten Ecken und eingezogenen Seiten (Länge der Seite 35 μ). Stacheln nach aussen gerichtet, wie bei der var. *patens Nordst.,* die Rückenseite aber nicht convex wie hier, sondern schwach concav, wie es bei manchen Formen vorkommt.

Bekannt aus Europa, Sibirien, Nordamerika, var. *patens* aus Neuseeland.

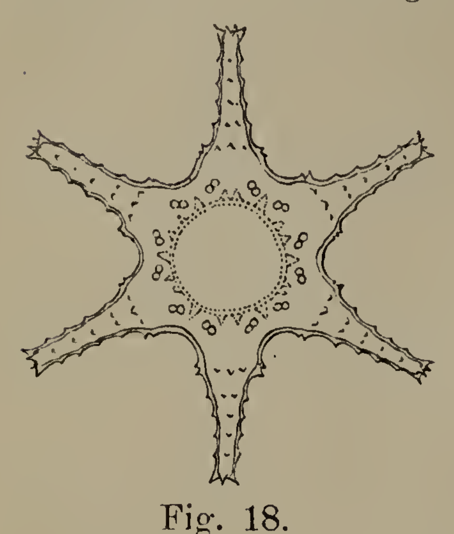
72. *St. Pseudosebaldi Wille* var. *bicornis Boldt* (14). Burpengary.

In vereinzelten Exemplaren, welche sich dadurch auszeichnen, dass die Zellhäften nur zwei Fortsätze haben und jeder Fortsatz an der Spitze nur in zwei Stacheln ausgezogen ist. Nordstedt's subsp. *tonsa* aus Neuseeland und Australien hat zwar auch nur zwei Fortsätze, aber an der Spitze eines jeden drei Stacheln (bei var. *bicornis Boldt* ist über die Zahl dieser Stacheln nichts angegeben). Ausserdem passt die Sculptur der Membran (auf dem Rücken zwei Reihen von gegabelten Dornen) und die Grösse der Zellen besser zu var. *bicornis* als zur subsp. *tonsa Nordst.* Länge der Zellen 24—30 μ, Breite 48—56 μ, des Isthmus 8 μ.

Die typische Form ist aus Europa und Nordamerika, var. *bicornis* aus Sibirien bekannt.

73.? *St. sagittarium Nordst.* (14). Burpengary.

Nur eine Zellhälfte gesehen, deren Bau etwas abweichend ist und die ich desswegen abbilde (Fig. 18). Diese Figur unterscheidet sich von der Nordstedt's (N. Zeal. Alg. T. IV Fig. 6) dadurch, dass sie nicht acht-, sondern sechsstrahlig ist, dass die Strahlen nicht in drei, sondern vier Spitzen ausgehen und dass die Punkte auf der Dorsalseite nicht einfach, sondern gedoppelt sind. Der innere Kreis, mit dem die Zellhälften aneinanderstossen, ist mit einem Kranz von abwechselnd grösseren und kleineren nach aussen gerichteter Stacheln umgeben (die punktirten Linien in der Figur). Durchmesser der Zelle mit den Strahlen 65,5 μ (nach Nordstedt 50—62 μ). *St. sagittarium* ist bisher nur aus Neuseeland bekannt


Fig. 18.

Class. III. *Phycochromophyceae Rabh.*

Ordo V. *Hormogoneae Thur.*

A. *Heterocysteae Hansg.*

Fam. 9. *Sirosiphoniaceae Rabh.*

38. *Hapalosiphon Naeg.*

74*. *H. pumilus Kirchn.* (14.) Burpengary.

Thallus in flockigen oder rasigen kleinen Massen zwischen anderen Algen. Die kriechenden Fäden sind mit Scheide 7 μ, die Zellen 5 μ dick, 1—2 Mal so lang oder auch kürzer als der Durchmesser. Die zahlreich entspringenden aufrechten Fäden sind kaum etwas dünner, die Zellen aber hier im Allgemeinen länger (2—4 Mal so lang als dick), die oben abgerundete Endzelle ist etwas angeschwollen. Die Heterocysten, welche sich nur in den niederliegenden Fäden finden, sind oblong, 2—4 Mal so lang als breit, nicht dicker als die vegetativen Zellen.

Die Maasse, welche bei Bornet und Flahault (Revision des Nostocacées hétérocystées II p. 61) angegeben sind, sind bedeutend grösser, doch stimmen die meinigen ziemlich mit denen Nordstedt's für eine auf den Sandwichinseln gefundene Form überein; desswegen möchte ich auch die vorliegende Alge nicht als eine besondere Form aufstellen. Für dieselbe Art aus Australien und Neuseeland hat Nordstedt keine Maasse angegeben.

Die Art ist weit verbreitet und kommt ausser an den genannten Lokalitäten noch vor in Europa, Nordamerika, Brasilien, Ostindien.

39. *Stigonema Ag.*

75. *St. hormoides (Kütz.) Born. et Flah.* (14). Burpengary.

Findet sich vereinzelt im Schleim der *Coleochaete Baileyi* (Nr. 4.), entsprechend den Angaben von Born. und Flah. (l. c. p. 69), dass die Alge häufig in den schleimigen Massen anderer Algen vorkommt; hier lebt sie im Wasser, sonst soll sie an feuchten Felsen auftreten.

Fäden mit Scheide 7—9 μ dick, Scheide farblos, geschichtet, Zellen 4—5 μ dick, 1—2 Mal so lang, elliptisch, Fäden auch selbst stellenweise etwas torulos. Die Zellen liegen meist in einfachen Reihen, hie und da gepaart; zwischen den Zellen sind deutliche Plasmaverbindungen zu sehen. Das Aussehen entspricht der Abbildung in Kützing, Tab. phyc. II. t. 34 Fig. 4; die untenstehende Fig. 19 stellt ein grösseres Stück der Alge dar.

Bekannt aus Europa, Nordamerika, Neuseeland.

40. *Caprosira Kützing.*

76. *C. Brebissonii Kütz.* (4). Burpengary (Deception Bay), in stagnirendem Wasser.

Diese merkwürdige Alge verdient besondere Beachtung, sowohl wegen ihres auffallenden Habitus als wegen ihres seltenen Vorkommens. Nach Born. und Flah. (l. c. p. 80) wurde sie zuerst von Brébisson in Frankreich, dann von Rabenhorst in Deutschland und nach fast 40 Jahren von Nordstedt in Schweden gefunden. Dieser Autor hat sie mit Diagnose in den Algae exsiccatae (Nr. 183) publi-

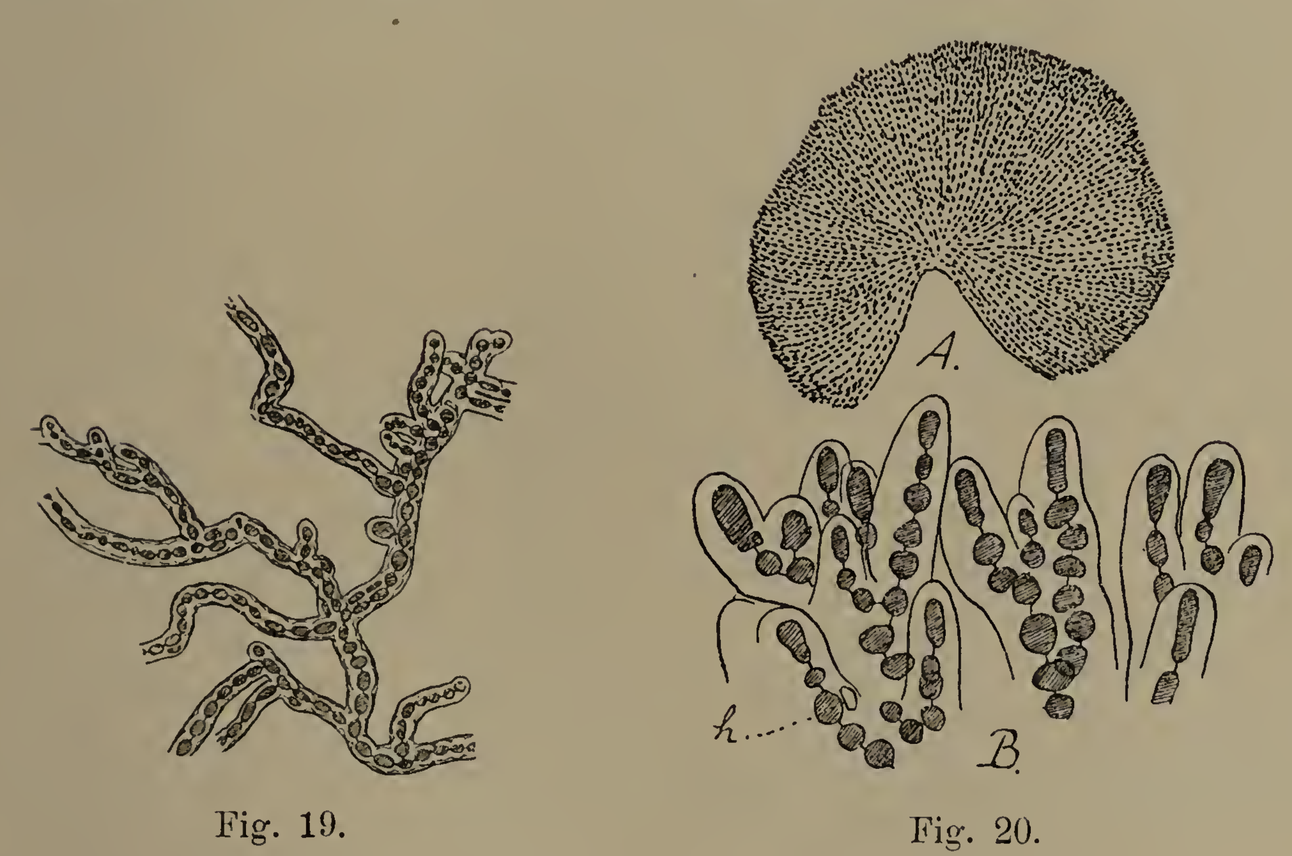


Fig. 19. Fig. 20.

cirt. Die Abbildungen, welche Kützing (Tab. phyc. II t. 84) (nach diesem Rabenhorst) gibt, sind ganz ungenügend, aber gute Detailabbildungen findet man bei Borzi (N. Giornale botanico italiano XI, Tab. XII, Fig. 33—38).

Ich fand sie an dem Zweigstück, an welchem auch *Batrachospermum vagum* ansass. Hier bildet sie annähernd halbkugelförmige feste Polster von kaum 1 mm Durchmesser und 0,25—0,5 mm Höhe und von (in Alkohol) gelblicher Farbe. Auf dem senkrechten Durchschnitt sieht man, dass der Thallus aus in der Mittel parallel, am Rande radiirend aufsteigenden Fäden besteht, die von kriechenden Fäden ausgehen, unregelmässig verzweigt und seitlich mit einander vereinigt sind. Die Enden sind frei und annähernd in gleicher Höhe (Fig. 20 A). Es wird an-

gegeben, dass man auf dem Durchschnitt concentrische Zonen (vielleicht jährliche Zuwachszonen) von gelber und grüner Farbe beobachtet, doch war dies hier nicht der Fall. Wahrscheinlich ist die Pflanze noch zu jung gewesen, denn die Polster werden bis zu 3 mm hoch. Etwa vorhandene Farbenunterschiede sind jedenfalls auch durch den Alkohol aufgehoben. Eine Unterbrechung des Wachsthums hat offenbar noch nicht stattgefunden, da die Fäden von unten bis an den oberen Rand verfolgt werden können. Die Zellen sind rundlich, 4—5 μ dick, meist kürzer als breit, doch kommen auch längere (bis doppelt so lang als breit vor); besonders zeichnen sich die Scheitelzellen an den freien Fadenenden durch ihre Länge aus (4 μ breit, bis 9 μ lang) (Fig. 20 B). Die Plasmaverbindung zwischen den Zellen ist, wie bei vielen Sirosiphoniacen, sehr deutlich. Die Heterocysten entstehen aus den vegetativen Zellen durch Längstheilung derselben, liegen also seitlich, sind von elliptischer Form, etwas kleiner als die vegetativen Zellen und zeichnen sich durch die glänzende Membran aus (Fig. 20 B, h). Sie treten deutlich hervor nach Anwendung von Quellungsmitteln, ohne dieselben sind sie zusammengefallen und erscheinen nur als kleine schmale glänzende Körper. Die Scheiden sind farblos, 7—8 μ breit, homogen und fast lückenlos mit einander verbunden, über der Scheitelzelle sind sie verdünnt.

Fam. 19. *Scytonemaceae Rabh.*

41. *Scytonema Ag.*

77. *Sc. subtile nov. spec.* (14). Burpengary.

Diese Alge, welche mir mit keiner der beschriebenen Arten übereinzustimmen scheint, gehört in die Section *Euscytonema Born. et Flah.* und bildet kein zusammenhängendes Lager, sondern kommt in vereinzelten Fäden zwischen anderen Algen im Wasser vor (Fig. 21 A, ein Fadenstück mit Verzweigung, B Ende eines Astes). Die Fäden sind mit Scheide 12—17 μ dick, die Scheide farblos und geschichtet, die Zellen sind nur 2—4 μ dick, 2—3 Mal so lang und cylindrisch, nur die der Scheitelzelle nächsten Zellen sind kurz scheibenförmig.

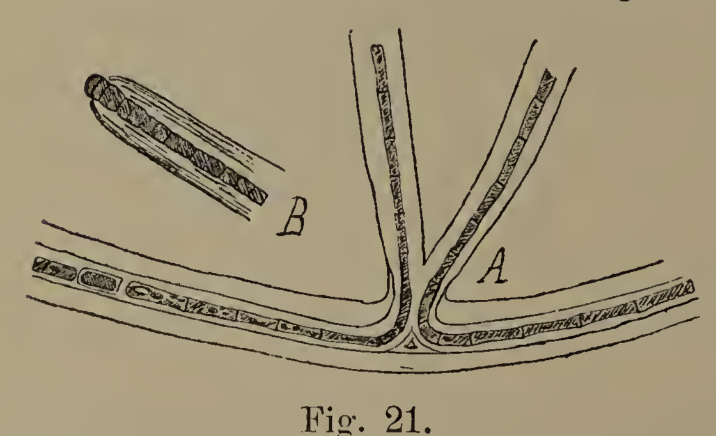


Fig. 21.

Im Inhalt sind meist mehrere Vacuolen zu erkennen und an manchen Zellen in der Mitte ein dunkler Körper (Nucleus?). Die Heterocysten sind oblong, 4 μ dick, 10—14 μ lang. Sporen wurden nicht gesehen. Die Zweige entspringen gepaart und sind an der Ursprungsstelle bedeutend dünner, im weiteren Verlaufe nur wenig dünner als der Hauptfaden.

Fam. 11. *Nostoceae Kütz.*

42. *Nostoc Vaucher.*

78.? *N. paludosum Kütz.* (14). Burpengary.

Kleine, 100—200 μ grosse Lager zwischen anderen Algen; Zellen

3—4,5 μ gross, Heterocysten etwas grösser (6 : 7 μ); Sporen fehlen, desswegen überhaupt nicht sicher zu bestimmen.

Die genannte Art ist bisher wohl nur aus Europa bekannt.

B. *Homocysteae Hansg.*

Fam. 12. *Oscillariaceae Stiz. et Rabh.*

43. *Lyngbya (Ag.) Thur.*

79. *L. solitaris Kirchn.* (21). Nines Waterhole, Myrtle.

Fäden mit Scheide 8—9 μ dick, Scheiden dünn, Glieder deutlich abgesetzt, 3—4 Mal kürzer als der Durchmesser. Endzelle einfach abgerundet.

Ob diese Alge auch ausserhalb Europa gefunden wurde, ist mir nicht bekannt.

80. *L. obscura Kütz.* (18). Victoria-Park, Schlamm, Brisbane.

Fäden mit Scheide bis 24 μ dick, Scheiden dick und geschichtet, Zellen 14—15 μ dick, 4—6 Mal kürzer.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

44. *Oscillaria Bosc.*

81. *O. leptotricha Kütz.* (16). Victoria-Park, Schlamm, Brisbane.

Kenntlich an ihren lang zugespitzten, bisweilen gekrümmten Enden und den Gliedern, welche 1,5—3 Mal so lang als dick sind. Fäden 3 μ dick, Spitzen bis auf 1,5 μ verdünnt. Die Fäden sind bisweilen umgebogen und die umgebogenen Theile umeinander gewickelt (Fig. 22).

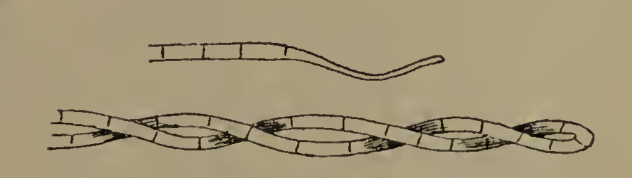


Fig. 22.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

82.? *O. tenuis (Ag.) Kirchn.* (10, 11, 13, 16, 17). Theils auf Schlamm im Victoria-Park bei Brisbane, theils bei Burpengary gesammelt.

Die in den verschiedenen Nummern enthaltenen *Oscillaria*-Formen waren sich sehr ähnlich und dürften nach der Dicke der Fäden (4—5 μ) und Kürze der Glieder in den Verwandtschaftskreis von *O. tenuis* gehören, welche aus Europa und Nordamerika bekannt, vermuthlich aber allenthalben verbreitet ist.

Ordo VI. *Coccogoneae Thur.*

Fam. 13. *Chroococcaceae Naeg.*

45. *Synechococcus Naeg.*

83. *S. aeruginosus Naeg.* (21). Nines Waterhole, Myrtle.

Zellen meist zu zwei, seltener einzeln oder zu mehreren aneinandergereiht, ca. 9 μ dick, 15—18 μ lang.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

46. *Merismopedium Meyen.*

84. *M. glaucum Naeg.* (14). Burpengary.

Zellen 3 μ dick, Familien meist aus 64 Zellen bestehend.

Scheint allenthalben vorzukommen; ich finde es angegeben für Europa, Nordamerika, Brasilien, Hawaii, Neuseeland.

47. *Clathrocystis Henfr.*

85. *C. aeruginosa Henfr.* (7). Ennogera creek, aus Wasser, das durch Röhren geflossen ist.

Das Material bestand nur aus Peridineen und dieser Alge. Ihre kugligen Zellen sind 3—4 μ dick, die Familien sehr vielgestaltig, anfangs kuglig, dann wurstförmig oder mannigfach durchbrochen. Die Durchbrechung beginnt damit, dass die kleinen kugligen Familien (etwa bei einem Durchmesser von 150 μ) in der Mitte einen von Zellen freien Raum zeigen. Die grösste beobachtete Colonie mass 700 μ im längsten Durchmesser, nach Kirchner sollen die Familien aber nur 30—130 μ gross sein.

Bekannt aus Europa und Nordamerika.

Dasselbe Gläschen, in dem sich *Clathrocystis aeruginosa* fand, enthielt auch folgende, von Herrn Dr. W. von Schewiakoff bestimmte Flagellaten:

Trachelomonas volvaxina Ehrbg.[1]
Peridinium tabulatum Ehrbg.
Ceratium hirudinella O. F. Müll.

Nachträglich erhielt ich durch Herrn Dr. Nordstedt noch ein getrocknetes Exemplar eines *Compsopogon,* welches von Herrn Bailey in Queensland gesammelt worden ist. In trockenem Zustand ist die Farbe ganz hellviolett, aber in der Verzweigung, den Maassen und der Struktur stimmt die Pflanze mit *Compsopogon coeruleus Montg.* soweit überein,[2] dass ich kein Bedenken trage, sie zu dieser Art zu stellen. Von Fructificationsorganen war auch hier wiederum keine Spur zu finden. Was die Struktur betrifft, so entspricht sie im Allgemeinen der von *C. chalybeus Kg.*, wie ich sie in der Hedwigia (1888, Heft 9/10) geschildert habe. Die Rinde ist an jüngeren Aesten ein-, an älteren zwei- bis dreischichtig; die äussersten Rindenzellen sind hie und da papillenförmig, sie liegen nicht in so regelmässigen Reihen, wie es Kützing zeichnet. In den ältesten Stammtheilen müssen die Centralzellen streckenweise zu Grunde gehen und ihre Querwände resobirt werden, wie aus folgenden Beobachtungen hervorgeht. Beim Einlegen der trockenen Pflanze in Wasser treten im Innern Luftblasen auf, die auf längere Strecken hin verschiebbar sind. Ferner sieht man auf dem Querschnitt durch solche Stellen, dass die inneren Rindenzellen sich nach innen gewölbt und manchmal auch wiederholt getheilt haben, so dass sie dann den Innenraum mehr oder weniger ausfüllen. — Auf den jüngeren Theilen des *Compsopogon* wurde ziemlich reichlich eine epiphytische Cyanophycee gefunden, die kleine scheibenförmige, meist aber etwas gewölbte, einschichtige Zellcolonien bildete.

C. coeruleus ist aus Afrika und Amerika bekannt.

---

1) Herr Dr. v. Schewiakoff sah in mehreren Exemplaren von *Peridinium* 1—4 Zellen von *Trachelomonas,* welche dort nur als aufgenommene Nahrung betrachtet werden können.

2) Nach Kützings Abbildung in Tab. phycolog. T. VII. t. 89.

Litteratur.

Dr. A. Zimmermann. Die botanische Mikrotechnik. Ein Handbuch der mikroskopischen Präparations-, Reactions- und Tinktionsmethoden. Tübingen 1892. Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

In der letzten Zeit sind in der Litteratur eine grosse Anzahl neuer mikrotechnischer Methoden angegeben worden, welche auf die Herstellung mikroskopischer Präparate, die Sichtbarmachung gewisser Strukturverhältnisse an denselben oder die Erkennung ihrer chemischen Beschaffenheit hinzielen. Der Verfasser hat die dankenswerthe Arbeit unternommen, diese Angaben zu sichten, und die Methoden, welche nach seinen Erfahrungen bei botanischen Arbeiten verwendbar sind, in einem Nachschlagebuch zusammenzustellen. Entsprechend dem Arbeitsgebiete, auf welchem sich die letzten Publicationen des Verfassers bewegen, sind in dem Handbuche die Mikrochemie und die Methoden zur Untersuchung der Zellinhaltsbestandtheile besonders eingehend behandelt worden. Die eingehende Berücksichtigung der Litteratur und besonders der Umstand, dass der Verfasser überall seine eigene praktische Erfahrung mittheilt und dieselbe zur zweckmässigen Abänderung bekannter oder zur Angabe neuer Verfahren benutzt, geben diesen Abschnitten besonderen Werth. Die Abtheilung des Buches, welche die allgemeine Methodik der botanischen Untersuchung behandelt, enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der gewöhnlichsten Untersuchungsmethoden und gibt ausser der Mittheilung des in der Litteratur Gebotenen gleichfalls eine Reihe schätzenswerther Winke, welche aus der Praxis des Verfassers entnommen sind. Vielleicht würde durch eine eingehendere Behandlung einzelner Paragraphen dieses Abschnittes der Werth des Buches noch erhöht werden können. Die Schnittfähigmachung sehr harter, trockener Objecte durch Kochen in Glycerin und Alkohol, die Vorrichtungen zur mikroskopischen Beobachtung lebender Objecte unter der Einwirkung von Gasen, die Verwendung der Leinöllacke und der Kautschuklösung zum Verschluss von Präparaten, welche mit Oelimmersion untersucht werden sollen, und noch manches andere hätte wohl kurze Erwähnung verdient. Auffällig ist das Fehlen einer Mittheilung über die Celloidineinbettung. Diese von Schiefferdecker eingeführte Methode hat mir besonders dort gute Dienste geleistet, wo es sich darum handelte, durch kleine, zarte Objecte wie Brutknospen der Lebermoose, Embryonen, Drüsen der Insektivoren, Spross- und Wurzelspitzen etc. Schnitte in bestimmter Richtung zu führen. Dabei ist gleichgültig, ob man Handschnitte oder (freilich nicht allzu zarte) Mikrotomschnitte herstellen will. Da man das bei richtiger Behandlung durchsichtige Celloidin nicht aus den Schnitten zu entfernen braucht, so führt diese Methode abgesehen von sonstigen praktischen Vorzügen in entsprechenden Fällen

schneller zum Ziel als die Parafineinbettung. Das Verfahren der Einbettung ist u. a. eingehend geschildert in dem Werke: Das Mikroskop von Behrens, Kossel und Schiefferdecker, welches, wie hier zugleich erwähnt sein möge, demjenigen, der sich mit der Mikrotomtechnik bekannt machen will, über Einrichtung und Verwendung des Mikrotoms eingehendste Belehrung gibt. Zimmermann hält das kurze Henking'sche Mikrotommesser für das geeignetste und scheint, wenn ich eine kurze Bemerkung im Text des Buches richtig verstehe, dasselbe stets senkrecht zur Schlittenbahn einzuspannen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auf diese Weise in einer Reihe von Fällen sehr gute Schnitte erzielt werden können; anderseits kann aber nicht in Abrede genommen werden, dass in vielen Fällen, z. B. bei Objecten, welche getrocknet waren, und deren Zellwände beim Aufweichen etwas mürbe geworden sind, mit langem Messer in ganz flacher Stellung, d. h. fast parallel zur Schlittenbahn, mehr zu erreichen ist. Man wird eben hier wie überall die Methode dem Object anpassen müssen. Am Schluss seines Buches gibt Zimmermann eine compendiöse Zusammenstellung der wichtigsten Fixirungs- und Färbungsmethoden für Bacterien, welche wohl für den gewöhnlichen Gebrauch ausreichend ist. Wer freilich die Spaltpilze eingehender studieren will, wird schon, um sich mit den hier nicht erwähnten Culturmethoden bekannt zu machen, zu ausführlicheren Werken greifen müssen.

Die Anordnung des Stoffes in Zimmermann's Handbuch ist durchaus übersichtlich, ein sorgfältig hergestelltes Register erleichtert ausserdem das schnelle Auffinden der gesuchten Notizen, welche, wo es nöthig erschien, durch gute Holzschnitte erläutert sind. Es ist wohl kein Zweifel, dass das sehr brauchbare Buch sich bald in den Laboratorien einbürgern und bei den mikroskopischen Arbeiten gute Dienste leisten wird. Ghgn.

Eingegangene Litteratur.

Allescher, Verzeichniss in Süd-Bayern beobachteter Pilze. Ein Beitrag zur Kenntniss der bayer. Pilzflora. III. Abtheilung. Sphaeropsideen, Melanconien und Hyphomyceten.

Ambronn, Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen. 1892. Leipzig, J. H. Robolsky.

Bachmann, E., Der Thallus der Kalkflechten. Wissenschaftl. Beilage zu dem Programm der städt. Realschule zu Plauen i. V. Ostern 1892.

— — Der Thallus der Kalkflechten. Vorl. Mittheilung. S.-A. aus d. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrg. 1892, Bd. X, Heft 1.

Beck von Mannagetta, Flora von Nieder-Oesterreich. Zweite Hälfte, 1. Abtheilung, Wien 1892, Verl. v. Carl Gerold's Sohn.

Blum und Jännicke, Botanischer Führer durch die städtischen Anlagen in Frankfurt a. M. 1892. Verl. v. Mahlau u. Waldschmidt, Frankfurt.

Bokorny, Einige Versuche über die Abnahme des Wassers an organischer Substanz durch Algenvegetation. S.-A. aus dem Archiv für Hygiene.

— — Ernährung grüner Pflanzenzellen mit Formaldehyd. S.-A. aus Landwirthschaftliche Jahrbücher 1892.

Bordet, Adaption des virus aux organismes vaccinés. Annales de l'institut Pasteur 1892.

Bornet, Note sur l'Ostragoblabe implexa Born. et Flah. Extrait du Journal de Botanique. 1. Déc. 1891.

— — Algues du Département de la Haute-Vienne contenues dans l'herbier d'Éduard Lamy de la Chapelle. Extrait du Bulletin de la Société botanique de France, tome XXXVIII, 1891.

— — Note sur quelques Ectocarpus.

Botanical Magazine, Vol. 6, Nr. 60 u. Nr. 61. Tokyo, Japan 1892.
Campbell, On the Prothallium and Embryo of Osmunda claytoniana L., and O. cinnamomea, L. Annals of Botany, Vol. VI, Nr. XXI. April 1892.
— — On the Prothallium and Embryo of Marsilia vestita. Extract from Proceedings Cal. Acad Sci. 2d Ser, vol. III. April 1892.
Capellini e Solms-Laubach, I tronchi di Bennettitee dei Musei italiani. Estratta dalla Serie V, Tomo II delle Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna e letta nella Sessione del 10 Gennaio 1892.
Celakovsky, Theorie der Blüthenstände auf deductiver (vergleichend-phylogenetischer) Grundlage. Résumé.
Chodat, Travaux du laboratoire de Botanique de l'université de Genève. 1892. I. Série — II. Fascicule. Extrait des Archives des Sciences physiques et naturelles. Troisième periode, t. XXVI et XXVII.
Costantin, Sur quelques maladies du blanc de champignon.
— — La goutte, maladie du champignon de couche. Extrait des comptes rendus des séances de la Société de Biologie. Mars 1892.
— — et Dufour, La molle, maladie des champignons de couche. Febrier 1892.
— — Note sur le genre Myxotrichum. Extr. du Bulletin de la Société botanique de France. Tome XXXVIII.
Dammer, Die Ergebnisse der gärtnerischen Versuchsstation in der Gärtnerei des Herrn F. Bluth in Lichterfelde im Jahre 1891, nebst einigen Bemerkungen über gärtnerische Versuchsstationen überhaupt. S.-A. aus „Gartenflora" 1892.
— — Die extrafloralen Nectarien an Sambucus nigra. S.-A. aus der „Oesterr. bot. Zeitschrift" Jahrg. 1890 Nr. 7.
— — Polygonaceen-Studien. I. Die Verbreitungsausrüstungen der Polygonaceen. S.-A. aus Engler's bot. Jahrbüchern. 15. Bd., 2. Heft. 1892.
Engler, Syllabus der Vorlesungen über specielle und medicinisch-pharmaceutische Botanik. Grosse und kleine Ausgabe. Berlin 1892, Gebrüder Bornträger.
Häcker, V., Die Eibildung bei Cyclops und Chanthocamptus. S.-A. aus d. Zoolog. Jahrb. 5. Bd. 1892.
Halsted, Report of the botanical department. From Annual Report New Jersey Agricultural Experiment Station. 1891.
Hansteen, Algeregioner og Algeformationer ved den norske vestkyst. S.-A. af nyt magazin for Naturvidenskaberne, Christiana 1892.
Hegler, R., Ueber die physiologische Wirkung der Hertz'schen Elektricitätswellen auf Pflanzen. S.-A. aus den Verhandlungen der Ges. Deutscher Naturforscher und Aerzte. Halle 1891.
Hieronymus, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen. S.-A. aus Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgeg. v. Ferd. Cohn. 1892.
Jack, Hepaticae Wallisianae. S.-A. aus „Hedwigia" 1892, Heft 1/2.
— — Botanische Wanderungen am Bodensee und im Hegau. S.-A. aus den Mittheilungen des Badischen Botanischen Vereins. 1891.
Jännicke, Die Sandflora von Mainz, ein Relict aus der Steppenzeit. Frankfurt, Verl. v. Gebr. Knauer.
Karsten, Beitrag zur Entwickelungsgeschichte einiger Gnetum-Arten. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1892.
Klebs, Ueber die Bildung der Fortpflanzungszellen bei Hydrodictyon utriculatum Roth. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1891, Nr. 48—52.
— — Die Physiologie der Fortpflanzung von Vaucheria sessilis. S.-A. aus den Verh. der Naturf. Gesellschaft zu Basel, Band X, Heft 1.
Massart, Le chimiotaxisme des Leucocytes et l'immunité. Annales de l'institut Pasteur. 1892.
Mattirolo e Buscalioni, Ricerche anatomo-fisiologiche sui Tegumenti seminali delle Papilionacee. Estratto dalle Memorie delle R. Accademia delle Scienze di Torino. Serie II, Tom XLII.
Mittheilungen der Bayr. Bot. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Nr. 2. 1892.
Möbius, Morphologie der haarartigen Organe bei den Algen. S.-A. aus d. „Biologischen Centralblatt" Bd. XII, Nr. 3. 1892.

Mueller, Ferd. v., Descriptions of new Australian plants, with occasional other annotations. Extra-print from the Victorian Naturalist, April 1892.
Noll, Ueber die Cultur von Meeresalgen in Aquarien. S.-A aus „Flora“, Jahrg. 1892, Heft 2.
— — Die eigenartigen Bewegungen einer geotropisch sich aufrichtenden Keimpflanze in einem sogenannten Schnellseher. S.-A. aus d. Sitzungsberichten der Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 15. Febr. 1892.
Nymann, A. Osw. Kihlmann's Pflanzenbiol. Studien aus Lappland. S.-A. aus „Flora oder Allgem. Bot. Zeitung“ 1892, Heft 1.
Oltmanns, Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. S.-A. aus „Flora“, Jahrg. 1892, Heft 2.
Rostowzew, Ueber Pflanzenkrankheiten. Populärer Vortrag. Moskau 1892.
Russow, Alexander Graf Keyserling. Ein Gedenkblatt dem Naturforscher und Menschen. Reval 1892.
Setchell, An examination of the Species of the genus Doassansia, Cornu. S.-A. aus Annals of Botany, Vol. VI, Nr. XXI, April 1892.
Schmitz, Die systematische Stellung der Gattung Thorea Bory. S.-A. aus den Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft Jahrgang 1892, Bd. X, Heft 3.
— — Florideae. S.-A. aus Engler's Syllabus der Vorlesungen über Botanik. 1892.
v. Schweiger-Lerchenfeld, Das Mikroskop. Leitfaden der mikroskopischen Technik nach dem heutigen Stande der theoretischen und praktischen Erfahrungen. Wien, Verlag v. A. Hartleben, 1892.
Schwendener, Carl Wilhelm v. Nägeli. S.-A. aus d. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft, Jahrgang 1891, Bd. IX., Generalversammlungsheft.
Solms-Laubach, Ueber die Algengenera Cymopolia, Neomeris und Bornetella. Extrait des Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. Vol. XI, pag. 61—97. „Ueber die in den Kalksteinen des Kulm von Glätzisch-Falkenberg in Schlesien erhaltenen structurbildenden Pflanzenreste. S.-A. aus der Bot. Zeitung, 1892. Nr. 4—7.
Timm, H., Wie gestaltet sich das Wetter? Eine praktische Anleitung zur Vorherbestimmung der Witterung. Wien 1892, Verl. v. A. Hartleben.
Trelease, A revision of the American species of Rumea occuring North of Mexico. From the third annual Report of the Missouri Botanical Garden.
v. Tuboeuf, Beitrag zur Kenntniss der Morphologie, Anatomie und Entwickelung des Samenflügels bei den Abietineen. Mit einem Anhang über Einrichtungen zum Verschluss der Gymnospermenzapfen. 1892.
Wahrlich, Einige Details zur Kenntniss der Sclerotinia Rhododendri Fischer. S.-A. aus d. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft, Jahrgang 1892, Bd. X, Heft 2.
— — Bacteriologische Studien. Petersburg 1891.
Wainio, Notes sur la flore de la Laponie finlandaise. Acta societatis pro fauna et flora fennica, VIII, n. 4.
Warming, De psammophile Formationer i Danmark. Saertryk af Vidensk. Meddel. fra den naturhist. Forening 1891.
Webber, Appendix to the Catalogue of the Flora of Nebraska. Contributions from the Shaw Scool of Bontany. Nr. 9.
Wieler, Ueber Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachsthum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. S.-A. aus d. Tharander forstl. Jahrbuch. Bd. 42.
Wünsche, Schulflora von Deutschland, II. Theil, 6. Auflage. Verlag v. Teubner, Leipzig.
Zacharias, E., Einige Bemerkungen zu Guignard's Schrift: Nouvelles études sur la fécondation. S.-A. aus der Bot. Zeitung Nr. 15, 1892.
Zahlbruckner, Novitiae Peruvianae. S.-A. aus d. Annalen des K. K. naturh. Hofmuseums, Bd. VII, Heft 1 u. 2. Wien 1892.
Zimmermann, Die botanische Mikrotechnik. Ein Handbuch der mikroskopischen Präparations-, Reaktions- und Tinktionsmethoden. Tübingen 1892. Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

---

1 2 3 4 10 11 12 13 14 15 16 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 40 41 42 43 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 67

Autor del.

Ueber die Ursachen electrischer Ströme in Pflanzen.

Von
Otto Haake.

I. Theil.

Historisches.

Wenn in der folgenden Abhandlung von Pflanzen-Electricität die Rede ist, so sind darunter nur solche electrische Erscheinungen verstanden, welche sich im ableitenden Bogen durch den Ausschlag eines Galvanometers zu erkennen geben; niemals also statische Electricität, wie sie der älteste Forscher auf diesem Gebiete, Pouillet, nachgewiesen zu haben glaubte. Gehört schon dessen Untersuchung, nach der er den Act des Keimens in ursächlichen Zusammenhang mit der electrischen Ladung brachte, nicht hierher, so sind erst recht ausgeschlossen die der neuesten Zeit, welche constatirten, dass man aus eingewurzelten Pflanzen Funken ziehen konnte. Mit ziemlicher Sicherheit darf man annehmen, dass hierbei bestimmte äusserliche Umstände von Einfluss waren. Uns interessiren nur solche electrische Erscheinungen, die in der Pflanze selbst, sei es im Bau, sei es in den Lebensfunctionen, ihren schliesslichen Grund finden.

Das Vorhandensein solcher Ströme ist schon längst festgestellt.[1]) Aber man hat mit den Thatsachen, die nahezu regellos, ja oft einander widersprechend, sich nicht von einem Gesichtspunkt aus betrachten liessen, nichts anzufangen gewusst. Wohl tauchten hier und da Vermuthungen über die etwaigen Ursachen auf, die der Wahrheit nicht selten nahe kamen; aber es blieben eben Vermuthungen, die keinerlei experimentelle Begründung erfuhren. Bedenkt man noch die Mangelhaftigkeit der älteren Methoden, ferner eine gewisse Voreingenommenheit, welche speciell die Thierphysiologen veranlasste, im Gebiete der

[1]) Seit den fünfziger Jahren, wo Becquerel, Wartmann, später Buff und Andere Untersuchungen in dieser Richtung anstellten.

Pflanzenelectricität nur Analogien für die thierische zu suchen — und zu finden, so erhellt, welch unsichere Basis die früheren Untersuchungen für den Versuch einer Erklärung der beobachteten Erscheinungen bieten mussten. Desshalb ist es auch überflüssig, auf die Resultate der einzelnen Forscher einzugehen, zumal die Litteratur an anderem Orte [1]) mit hinreichender Vollständigkeit aufgeführt ist.

Immerhin mag an dieser Stelle nochmals Erwähnung finden die Entdeckung Burdon-Sanderson's, dass zwischen unverletzten Stellen lebender Pflanzentheile regelmässige und dauernde Spannungsdifferenzen vorhanden sind, weil sie gegen früher, als man — oft mittelst polarisirbarer Platinelectroden — fast ausschliesslich von Wundstellen ableitete, einen wesentlichen Fortschritt bedeutet und für die Lösung der Causalfrage den Weg wenigstens öffnete.

Munk [2]) untersuchte nun zwar ebenfalls unverletzte Dionaeablätter und vermochte die Vertheilung der electrischen Spannung auf denselben auf's genaueste festzustellen. Wenn er aber das Schwanken der Galvanometerausschläge bei Reizung der Blattfläche auf eine negative Schwankung des Parenchyms der Oberseite und eine positive Schwankung des Parenchyms der Unterseite [3]) zurückführt, so ist das mit anderen Worten die alte Molecularhypothese der Zoophysiologen, die nicht im Stande ist, einen wirklichen Aufschluss über die Ursachen der Pflanzenelectricität zu geben, eben so wenig wie sie einen Einblick in das wahre Wesen der thierischen Electricität gewinnen liess. Aus dem Verlauf der Stromschwankungen, die stets vor der Reizbewegung der Blattfläche, sehr oft auch ohne dieselbe stattfinden, zieht Munk weiterhin den nicht unwichtigen Schluss, dass nicht Form oder Wassergehalt der Zelle, sondern diejenigen Umstände, welche den Filtrationswiderstand des Hyaloplasma beeinflussen, in ursächlichem Zusammenhange mit den electrischen Erscheinungen stehen. Es würden also dabei in Betracht kommen: Veränderung der Beleuchtung, der Temperatur, des Feuchtigkeitsgehaltes der Umgebung, das Alter des Pflanzentheils und der ganzen Pflanze, alles Verhältnisse, die für die Thätigkeit, darum auch für die Eigenschaften des Plasma von Wichtigkeit sind.

Welcher Art die besonderen Einwirkungen sind, weiss man entweder noch gar nicht, oder doch nicht mit genügender Sicherheit. Folgender Schluss ist aber möglich und bindend: Sind die gemessenen

---

1) Pfeffer's Pflanzenphysiologie Bd. 2 S. 426.

2) Die electrischen und Bewegungserscheinungen am Blatte der Dionaea muscipula. Leipzig, Veit & Comp. 1876.

3) l. c. S. 152.

Potentialdifferenzen in der That nur Resultirende der wechselnden Thätigkeit des Plasma, weiterhin des Lebensprocesses der vegetabilischen Organismen, so muss eine Verschiebung irgend welcher Art der Lebensbedingungen eine Aenderung des Ausschlags im stromprüfenden Galvanometer nach sich ziehen.

Diesen Weg betrat Kunkel[1]) nicht, der zuerst und bis jetzt allein eine experimentelle Lösung des Räthsels der Pflanzenelectricität versuchte. Nach ihm findet sie ihre Ursache in dem rein mechanischen Vorgang der Wasserbewegung, die erst im Zellgewebe durch das Aufsetzen der ableitenden feuchten Electroden angeregt wird; also nicht auf eine, dem Pflanzengebilde eigenthümliche Thätigkeit, sondern auf rein accessorische Umstände, die in der Versuchsmethode liegen, seien die beobachteten Ströme zurückzuführen.

Es mögen an dieser Stelle zunächst nur die Kunkel'schen Versuche und deren Resultate in gedrängter Kürze wiedergegeben werden, weil sie sowohl in technischer Hinsicht vorbildlich waren, als auch den bisherigen Stand der ganzen Frage erkennen lassen.

Zur Ableitung des electrischen Stromes bediente sich Kunkel der von den Thierphysiologen allgemein benutzten Dubois-Reymond'schen unpolarisirbaren Thonstiefel-Electroden: Amalgamirter Zinkdraht taucht in concentrirte Zinksulfat-Lösung, die in einem kurzen, am unteren Ende von einem wassergetränkten, plastischen Thonkegel verschlossenen Glasrohr enthalten ist. Setzte er eine dieser Electroden auf einen Nerv, die andere auf irgend eine Stelle der Fläche des Blattes einer dicotylen Pflanze, so ging von jenem der positive Strom durch den ableitenden Bogen nach der Blattfläche. Ebenso verhielt sich die starke Mittelrippe positiv gegen die dünnen Seitennerven. Blätter monocotyler Pflanzen zog er nicht in den Bereich seiner Untersuchungen, „weil bei ihnen die sichtbare Trennung zwischen Nerv und grüner Fläche nicht so entschieden ausgeprägt ist, als dass man von beiden Theilen getrennt ableiten könnte."

Die „normale" Stromrichtung konnte er jederzeit umkehren, wenn er die Blattflächen-Electrode zuerst aufsetzte oder die Applicationsstelle vor dem Aufsetzen geringe Zeit durch einen Tropfen Wasser befeuchtet hatte, d. h.: „die längere Zeit benetzt gewesene Stelle verhält sich anfänglich stets positiv gegen die kürzere Zeit benetzte". Diese anormale electromotorische Wirksamkeit wich nach etwa

---

[1]) Pflüger's Arch. f. d. ges. Phys. XXV. S. 342 ff. und Arbeiten des bot. Inst. z. Würzburg II. S. 1 ff.

1—$1^1/_2$ Minute wieder der ursprünglichen. Chemische Ursachen vermochte er nicht als bei dieser Erscheinung betheiligt zu erkennen.

Eine zweite Versuchsreihe mit Anordnungen wesentlich anderer Art gab folgende Resultate: Hatte er an grünen, jungen Schösslingen von Ampelopsis oder Vitis die Electroden angelegt — eine Spannungsdifferenz in bestimmtem Sinne vermochte er dabei zwischen höher und tiefer gelegenen Punkten nicht zu constatiren —, so zeigte sich die Electrode, in deren Nähe er das Stengelstück schnitt oder quetschte, „stärker negativ." Dieselbe Erscheinung trat beim Abbiegen des Stengels ein, aber nur dann, wenn es mit einem Ruck geschah. Gleichmässig langsames Biegen beeinflusste den Galvanometer-Ausschlag nicht. Es ist kaum nöthig, zu bemerken, dass bei allen diesen Versuchen für unveränderlichen Contact der Electroden gesorgt und eine mechanische Reibung derselben an den Pflanzentheilen vermieden war.

Die Beobachtungen, die er am gereizten Blatte von Mimosa pudica machte, deckten sich mit dem, was Munk bei Reizung des Dionaea-Blattes eintreten sah: Es folgte einem negativen kleinen Vorschlag ein viel bedeutenderer positiver Hauptausschlag, dem sich ein wiederum negativer Rückschlag anschloss.

Die Richtigkeit aller, hier kurz mitgetheilten Thatsachen kann ich, abgesehen von einer, betreffs der ersten Versuchsreihe zu machenden kleinen Einschränkung, die später Erwähnung finden soll — im weitesten Umfang bestätigen. In 133 Fällen von überhaupt 138 angestellten Versuchen zeigten Blätter der verschiedensten Dicotylen genau das oben geschilderte Verhalten. Bei den übrigen fünf Blättern musste ich allerdings Ströme in umgekehrter Richtung — Mittelrippe negativ gegen Mesophyll — feststellen. Es war das ein älteres, natürlich frisches Blatt von Hydrangea Otaksa, während ein anderes von demselben Stock zur selben Zeit geschnittenes, ungefähr gleichaltriges Blatt, das ich unmittelbar danach untersuchte, kein anormales electrisches Verhalten erkennen liess; ferner ein jüngeres Blatt von Camellia florida. Auch hier, wie bei den drei übrigen Blättern von Sterculia inops und Quercus war die gegensätzliche Erscheinung nur auf das Blatt beschränkt, das gerade untersucht wurde; man hatte es also nicht mit einer Eigenthümlichkeit des ganzen Pflanzenindividuums zu thun.

Man kann, wie es Kunkel feststellte, eine solche dauernde Umkehr des Stromes sehr leicht, wenn auch nicht mit absoluter Sicherheit, künstlich erzeugen, wenn man das Blatt 5—6 Stunden — bei Quercus hatte ich einmal 18 nöthig — unter Wasser getaucht lässt.

Zu den Mittheilungen Kunkel's über die thatsächlichen electrischen Erscheinungen an Stengeltheilen beim Biegen, ferner an Mimosa bei Reizung habe ich keinerlei modificirende Bemerkung zu machen.

In wie weit Kunkel aber berechtigt ist, aus den von ihm gefundenen Thatsachen seine oben angedeutete Theorie abzuleiten, soll am Schlusse des ganzen Aufsatzes etwas näher erörtert werden. Es dürfte zweckmässig sein, zuerst im folgenden Abschnitte die Resultate der eigenen Untersuchungen auf dem Gebiete der Pflanzenelectricität und die Betrachtungen, die sich daran anknüpfen lassen, wiederzugeben.

II. Theil.

Eigene Untersuchungen.[1])

Zuvörderst mögen einige Notizen über die verwendeten Apparate gegeben sein. Zur Ableitung des electrischen Stromes dienten mir ebenfalls die Dubois-Reymond'schen Electroden, an denen ich jedoch eine kleine zweckmässige Veränderung angebracht hatte. Aus den Spitzen der „Thonstiefel" ragten 1/2 cm lange Enden dünner, weisser, gut ausgewaschener Baumwollenfäden hervor. Damit erzielte ich erstlich den Vortheil einer möglichst geringen Berührungsfläche, sodann grössere Sauberkeit. Endlich wurde auch die Möglichkeit eines leicht sich einschleichenden Fehlers vermieden. Das Zinksulfat verbreitet sich sehr rasch im Thon, so dass die Electroden, wenn sie in freier Luft standen, oft nach einem halben Tage schon mit den weissen Krystallnadeln überzogen waren. Der mit dem Salz gesättigte Thon konnte aber leicht bei Berührung eines Pflanzentheils die Ursache electrischer Erscheinungen werden, die mit der wahren Pflanzenelectricität nicht das Geringste zu thun haben. Nur öfteres Erneuern der Thonstiefel hätte gegen diesen Uebelstand schützen können. So aber vermied ich diese zeitraubende Manipulation und wusch nur vor den Versuchen die Fäden durch einen dünnen, kräftigen Wasserstrahl aus. Ich hatte dann die Garantie, dass das Pflanzengewebe nicht durch $ZnSO_4$ geschädigt wurde. Bei diesem Verfahren war es gleichgiltig, ob der Thon mit Wasser oder Kochsalzlösung angeknetet wurde. Anfänglich feuchtete ich die Fäden mit 1/2 ‰ Chlornatriumlösung an (eine stärkere dürfte schädlich wirken), ging aber bald, wie Kunkel,

---

[1]) Dieselben wurden im Frühjahre 1890 in Angriff genommen und zu Anfang des Sommersemesters 1891 beendet.

zu einfachem Brunnenwasser über. Ein Unterschied in der Leitfähigkeit machte sich, da der Widerstand des Schliessungskreises an sich sehr gross war, nicht bemerkbar.

Als Stromindicator benutzte ich, wie Kunkel, das Lippmannsche Capillar-Electrometer, ein durch die grösste Empfindlichkeit — man kann Potentialdifferenzen von $^1/_2$ Tausendstel Volt noch sicher nachweisen — und die ausgezeichnete Dämpfung gleich werthvolles Instrument. Es besteht bekanntermassen aus einem etwa 1 m langen, 3—4 mm weiten, in eine äusserst feine Capillare ausgezogenen Glasrohr, in welchem durch die Capillar-Depression eine höhere Quecksilbersäule getragen wird. An meinem Instrument betrug sie 38,5 cm, was für die Pflanzenströme vollkommen ausreichte. Die Capillare taucht in ein mit verdünnter Schwefelsäure (1:10) gefülltes Reagenzgläschen, das am Boden eine Quecksilberschicht enthält. In diese, wie in das Quecksilber der langen Röhre tauchen Platindrähte, welche die Verbindung mit den Electroden herstellen. Schickt man einen Strom in der Richtung vom Glasrohr durch die Capillare zur Schwefelsäure, dann ändert sich die Capillarconstante infolge der Polarisation des Quecksilbermeniscus, so dass dieser von seiner Ruhelage, die er bei stromloser Anordnung einnimmt, nach dem offenen Ende der Capillare sich bewegt und schliesslich bei constantem Strom an einer anderen Stelle eine Gleichgewichtslage einnimmt. Wenn im Folgenden für diese Bewegungsrichtung der Ausdruck „Steigen“ gebraucht wird, so geschieht es einmal, weil sie wirklich in dem zur Ablesung dienenden Horizontalmikroskop als ein Steigen erscheint, zweitens, um auch im Sprachlichen einen gewissen Parallelismus zwischen dem Anwachsen des Stromes und der dadurch veranlassten Quecksilberbewegung zu haben. Im Ocular des Mikroskops war ein Mikrometer eingelegt, das die Ausschläge nach Scalentheilen abzulesen gestattete. Die Vergrösserung selbst war 30 linear. Natürlich erhält man mit diesem Electrometer nur relative Angaben über die Stromgrösse. Diese genügen aber für unsere Untersuchungen, die durchaus nur qualitativer Natur sein sollen, vollständig. Für quantitative Messungen muss das Instrument erst geaicht werden. Ich habe selbst einige quantitative Messungen vorgenommen, dabei aber zur Ueberführung der am Galvanometer abgelesenen Grössen in electrisches Maass die von Lippmann angegebene Tabelle benutzt.[1]) Ein Blumenblatt von Paeonia ergab 24 Scalentheile = 0,017 Volt; ein solches von Papaver 44 sc.

---

[1]) A. ch. ph. (5) 5, S. 494 ff. [1875].

= 0,023 Volt; ein zehn Tage alter Faba-Keimling — Cotyledonen gegen Stengelspitze — 0,034 Volt; Narbe von Nymphaea gegen Stengel 0,044 Volt. Die an gewöhnlichen grünen Blättern gefundenen Grössen bewegen sich ungefähr in den von Kunkel angegebenen Grenzen. Ich will nicht unterlassen, schon hier ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass wir bei unseren Versuchen nur Stromdifferenzen messen, dass wir also über die absolute Grösse der an den Berührungsstellen der Electroden herrschende Spannung gar nichts wissen können.

Schliesslich hat noch der in Fig. 1 im Durchschnitt scizzirte Apparat bei allen Untersuchungen ausgezeichnete Dienste geleistet. Er besteht aus einem 20 cm langen, $3^1/_2$ cm im Lichten messenden Glasrohr, dem an einer Seite zwei, je 2 cm weite und 1 cm hohe, $2^1/_2$ cm von einander entfernte Tuben angeschmolzen sind. Ueber diese wurden 5 cm lange, dünnwandige Kautschukschläuche gezogen und, wie aus der Figur ersichtlich, an den hineingeschobenen Electroden luftdicht angeschlossen. Letztere waren mit ihren, aus dem Apparat herausragenden Enden an Kugelgelenkarmen befestigt, die sammt jenem durch Klammern an einem Stativ gehalten wurden. Verschloss ich nun die beiden Ende des Glasrohrs durch Kautschukstopfen, so hatte ich eine vor Luftzug geschützte Kammer, in der die Electroden beständig feucht blieben, an eine Stromverringerung durch geringere Leitfähigkeit also nicht zu denken war. Die Beweglichkeit der Electroden genügte vollständig. Eine zwischen diese und das Galvanometer eingeschaltete Wippe gestattete, den positiven Strom stets so zu leiten, dass das Quecksilber nach dem unteren Ende der Capillare getrieben wurde. Es schien das für die technische Behandlung des Apparates von Vortheil zu sein.

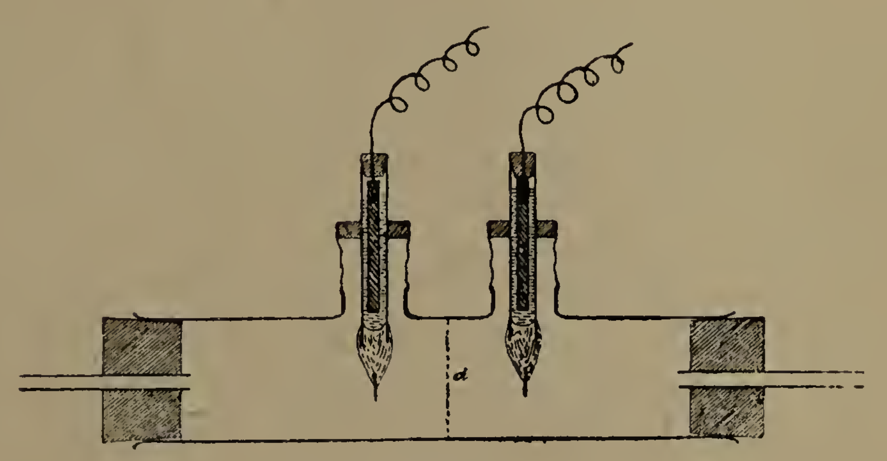


Fig. 1.

a) Untersuchungen über den Einfluss der Transpiration.

Kunkel behauptet, dass die beobachteten electrischen Ströme von der Wasserbewegung herrühren, wie sie durch das Aufsetzen

feuchter Electroden erregt wird. Wenn dies der Fall sein sollte, so muss die Wasserbewegung, die innerhalb des Pflanzengewebes infolge der Transpiration stattfindet, mit demselben Recht als Electricität erzeugend angesehen werden. Denn dabei werden nicht geringe Mengen transportiert und sicher öfters mit grösserer Geschwindigkeit, als das Eindringen der Feuchtigkeit der Electroden in die schon mit Wasser imbibierten Gewebe stattfindet. So verloren in concretem Falle Erbsenpflanzen durchschnittlich pro 1 cm^2 Oberfläche in 24 Stunden 2,51 g, Hanf auf gleiche Zeit und gleiche Fläche gar 9,3 g Wasser durch Verdunstung.

Wenn man nun durch eine Steigerung oder Verminderung der Transpiration die Quantität der bewegten Wassermenge ändert, so müsste dadurch eine Verschiebung in der electrischen Spannung, also ein Ausschlag nach irgend einer Seite im Electrometer herbeigeführt werden.

Eine Steigerung der Transpiration wird herbeigeführt durch Verminderung der Dampfspannung der umgebenden Luft, was experimentell dadurch zu erreichen ist, dass man der Luft Feuchtigkeit entzieht oder die Temperatur erhöht.

Die Versuchsanordnung war daher folgende: Ein frisch abgeschnittenes Blatt mit gering entwickelter Cuticula wurde in den Apparat eingeführt, die eine Electrode auf der Mittelrippe dicht bei deren Uebergang in den Stiel, die andere ungefähr in der Mitte des Blattes auf dem Mesophyll aufgesetzt. Diese Application der Electroden an der Oberseite des Blattes ist, wo etwas anderes nicht ausdrücklich erwähnt, in allen noch zu beschreibenden Versuchen angewendet worden. Nach etwa zehn Minuten wurde der Ausschlag notirt. Diese Zeit wurde stets abgewartet, um überall im Stromkreis Gleichgewicht eintreten zu lassen und der dauernden Einstellung des Quecksilbermeniscus versichert zu sein. Denn man muss annehmen, dass die Pflanze eine gewisse Zeit braucht, um sich in Wasserverdampfung etc. an die neue Umgebung anzupassen. Danach wurde mittelst eines Aspirators ein sehr langsamer Strom von Luft, die durch Schwefelsäure und Chlorcalcium getrocknet war, durch den Apparat gesaugt. Das Einführungsrohr reichte dabei bis unter die Unterseite des Blattes, damit die Electroden, bezw. die Berührungsstellen nicht direct von dem Luftstrahl getroffen wurden. Da dem Blatte kein Wasser zur Verfügung stand, musste nicht nur eine absolute Verringerung im Wassergehalt, sondern auch eine Aenderung der ursprünglichen Imbibitionsverhältnisse eintreten. Es zeigte sich auch nach $^1/_2$—1 Minute

eine Bewegung des Quecksilbers, anfangs gewöhnlich ein lebhaftes Sinken, dem dann in mehr oder minder kurzen Intervallen Oscillationen folgten. Ich habe aber keine Gesetzmässigkeit in diesen finden können. Es ist unstreitig, dass infolge des Abtrocknens an den Berührungspunkten die Ableitung des electrischen Stromes gehindert wird, so dass die wirklich vorhandenen electrischen Vorgänge mehr oder weniger getrübt sich im Electrometer kenntlich machen. Es wurden demzufolge als Mittelglied zwischen Electroden und Blatt Wassertropfen aufgesetzt. Aber ich erhielt, wie kaum anders zu erwarten, kein besseres Resultat.

Es scheint aber doch, als wenn man die erste Bewegung im Galvanometer wirklich auf die Transpirations-Strömung zurückzuführen hat. Für diese Vermuthung kann ich allerdings keine andere Vertheidigung finden als die Thatsache, dass ja die Electroden vor dem directen Luftstrom geschützt sind und so, im Anfang des Versuchs wenigstens, nur Spuren von Feuchtigkeit von ihnen weggeführt werden.

Kein günstigeres Ergebniss hatte eine zweite Versuchsreihe, für welche das Glasrohr vollständig abgeschlossen und die Luft im Innern durch eine Art Heiztisch, ein halbcylindrisch gebogenes, unter dem Apparat befestigtes Stück Blech, möglichst gleichmässig erwärmt wurde. So vermied ich zwar das Austrocknen der Electroden; aber es ist hier zu bedenken, dass durch Temperaturerhöhung gewisse Lebensfunktionen der Pflanze in ausgedehnter Weise beeinflusst werden: die Athmung und Assimilation. Dass hier ausser der Wasserbewegung noch andere Vorgänge zu berücksichtigen seien, zeigte sich schon darin, dass der zuerst erfolgende Ausschlag mit grösster Regelmässigkeit eine Verstärkung des ursprünglichen Stromes bedeutete, während nach der ersten Versuchsreihe eine Verminderung zu erwarten war. Nach weniger zahlreichen Schwankungen blieb der Quecksilberfaden gewöhnlich über dem ursprünglichen Ruhepunkt stehen, ging jedenfalls nie auf den Nullpunkt herunter, wie ich das beim Durchleiten des Trockenstromes öfters hatte feststellen können.

Durch eine dritte Anordnung endlich sollte eruirt werden, welchen Einfluss Turgoränderungen auf die Spannungsdifferenzen haben würde. Verwendet wurden hiezu Sprosse leicht welkender Pflanzen, wie Balsamina, Urtica, Salix u. s. w. Ich befestigte sie mittelst durchbohrter Korkscheiben im vertical gestellten Apparat so, dass ein Blattschopf oben frei herausragte und der von Blättern befreite Stengel sich innerhalb des Raumes befand. Das Ende des Stengels ging in

ein von aussen zugängliches U-Rohr (s. Fig. 2). Waren nach etwa ½ Stunde die Blätter welk geworden, so legte ich die Electroden am Stiel an. Durch einen feuchten Wattebausch wurde der Innenraum genügend feucht erhalten. Dann gab ich Wasser in das U-Rohr: nach 10 Minuten war wieder der normale Turgor eingetreten, ohne dass ich im Galvanometer mehr als geringe Schwankungen von ½ bis zu 1 Theilstrich hätte bemerken können.[1]) Daraus, dass in sechs Fällen von acht der Ausschlag der am höheren Stengeltheil angesetzten Electrode als positiver Zuwachs zu Gute kam, möchte ich noch keine Uebereinstimmung mit dem Schema III der Kunkel'schen Thonzellenströme folgern (s. III. Theil Seite 484). Rühren diese Ausschläge wirklich von dem Fortschieben des Wassers her, sei es nun von dem intramicellaren in den Zellmembranen, sei es von capillarem in den Gefässlumina, so würde zwar der Beweis für den Einfluss der Transpiration in der Electricitätsfrage erbracht, zugleich aber auch dargethan sein, dass dieser Einfluss ein verschwindender ist.

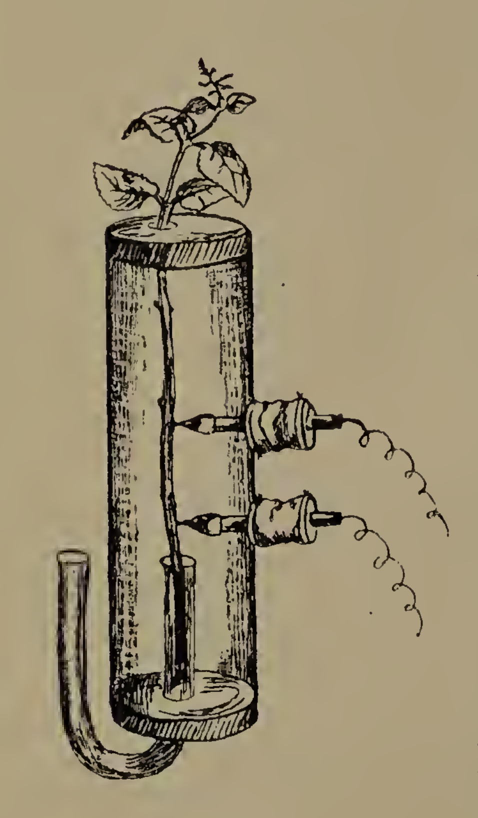


Fig. 2.

Ich halte jedoch das Versuchsmaterial nicht für ausreichend, auch die Methode noch für zu mangelhaft, als dass man jetzt bindende Schlüsse zu ziehen berechtigt wäre darüber, ob überhaupt die Wasserbewegung an den electrischen Vorgängen betheiligt ist. Bei der Ungleichheit der Versuchsergebnisse ist es zwecklos, irgend ein Protokoll derselben mitzutheilen.

So viel ist jedenfalls klar, dass die Wasserbewegung nicht die Hauptursache der gemessenen, beträchtlichen electrischen Ströme sein kann.

b) Beziehungen zwischen Athmung und electrischen Erscheinungen.

Es war schon in der Einleitung darauf hingewiesen worden, dass man die Ursache der electrischen Ströme wahrscheinlich in den Lebensprocessen der Pflanze zu suchen habe. Einer der wichtigsten ist die Athmung.

[1]) 1—2 Theilstriche liegen an meinem Apparat noch innerhalb der Fehlergrenze, wie aus folgenden Beobachtungen hervorgeht; Berührte ich bei nicht geschlossenem

Sind nun in der That die beobachteten electrischen Erscheinungen von den Athmungsvorgängen abhängig, so muss eine Einwirkung auf diese unbedingt eine Aenderung jener nach sich ziehen. Die Athmung besteht in einer Summe von chemischen Umsetzungen innerhalb der Pflanze, die sich äusserlich durch Verbrauch von Sauerstoff und Abscheidung von Kohlensäure kennzeichnen. Chemische Energie geht aber leicht in electrische Energie über, wie uns die physikalische Chemie lehrt. Ja die meisten chemischen Processe haben zweifelsohne electrische Ströme zur Folge.[1]) Darum hatte der Gedanke, die Pflanzenelectricität mit der Athmung in Verbindung zu bringen, von vorn herein viel für sich.

Die einfachste Störung der Athmungsvorgänge besteht in der Verdrängung des Sauerstoffs durch ein indifferentes Gas. Und wirklich trat die erwartete Aenderung im Galvanometer-Ausschlag ein. Die Versuchsanordnung war folgende:

Nachdem der zu untersuchende Pflanzentheil — meist Blätter von Dicotyledonen, sehr oft Leguminosen-Keimlinge, seltener Monocotylen-Blätter, Blütenschäfte, Blumenblätter etc. — in den Apparat (Fig. 1) eingeführt und die Electroden angelegt waren, wurde das Gefäss durch Ueberhängen eines schwarzen Tuches verdunkelt, um Sauerstoffproduction durch CO_2-Assimilation auszuschliessen. Dann leitete ich direct aus einem Wasserstoffapparat einen sehr langsamen Strom des für die Pflanzen unschädlichen Gases über das Untersuchungsobject,

Stromkreis eine Electrode oder auch nur das Glasrohr, so zeigte sich im Galvanometer ein Ausschlag von 1—2 sc., der nach meiner Ansicht nur von der Vertheilung der im System befindlichen statischen Electricität herrühren kann. Eine geriebene Siegellackstange hatte, in weit stärkerem Grade, denselben Erfolg.

[1]) Man kann sich durch ein höchst einfaches Experiment selbst davon überzeugen. Gibt man in je ein Becherglas Ferrocyancalium und Kupfersulfat-Lösung, verbindet beide durch einen, in der Mitte mit einem Tropfen Wasser angefeuchteten Fliesspapierstreifen, ausserdem mit den Electroden (nicht metallisch), so zeigt sich, sobald die gefärbten Flüssigkeiten die Ränder der mittleren, feuchten Partie der Brücke erreicht haben, alsbald ein Ausschlag, den ich auf die verschiedene Wirksamkeit der chemischen Agentien auf die Electroden zurückführe. Nach kurzer Zeit aber zeigt das Galvanometer einen neuen, ausserordentlich bedeutenden Vorgang an. Auf dem Papierstreifen findet man gleichzeitig die ersten Spuren von Ferrocyankupfer als braunen Hauch, der sich bald zu einer scharfmarkirten Linie ausbildet. Weniger gut ist das Nebeneinandergehen von chemischer Reaction und electromotorischer Wirkung zu beobachten, wenn man zwei, einen Niederschlag gebende, gefärbte Lösungen von zwei Seiten in ein mit Gelatine gefülltes U-Rohr diffundiren lässt. Die Diffusionsgrenze zeichnete sich in meinen Versuchen wenig scharf aus, darum war das Eintreten der chemischen Reaction schwer zu bestimmen. Das Wandern des Quecksilbers hatte längst begonnen, ehe man einen Niederschlag constatiren konnte.

und liess es, damit Diffussion des Sauerstoffs von aussen durch die Kautschukwände möglichst umgangen würde, unter geringem Druck austreten. Die Prüfung auf etwa noch vorhandenen Sauerstoff wurde anfangs mit Phosphor gemacht; da sich aber bald herausstellte, dass nach höchstens 10 Minuten der Apparat genügend von Sauerstoff frei war und es auch nicht auf absolutes Verdrängen desselben ankam, wurde die Prüfung späterhin unterlassen. Dass der Wasserstoff vor dem Eintritt in den Untersuchungsraum ein $KMnO_4$-Rohr passiren musste, ist kaum zu erwähnen; um so wichtiger aber, dass er sich in einer kleinen feuchten Kammer möglichst mit Wasserdampf sättigen konnte; auch das Glasrohr selbst enthielt stets angefeuchtete Fliesspapierstreifen. Diese Vorsichtsmaassregel sollte alle, durch etwaige Transpirationsströme entstehenden Unsicherheiten eliminiren. Es genügte das vollständig, da ein unter denselben Bedingungen durchgesaugter Strom atmosphärischer Luft nicht die geringste Einwirkung hatte. Die folgenden, aus den zahlreichen Versuchsprotokollen herausgegriffenen Beispiele mögen die vom Wasserstoffstrom veranlassten Galvanometer-Reactionen zeigen.

Ein jüngeres Blatt von Hydrangea Otaksa zeigte in gewöhnlicher Luft einen [O-]Ausschlag von 32 Theilstrichen. [1]) Nach Wasserstoff-Zuleitung sank er innerhalb fünf Minuten erst langsam, dann schneller auf sc. 2, wo er sich constant einstellte [H-Ausschlag]. Nach zehn Minuten liess ich wieder Luft zuströmen; in drei Minuten war sc. 26 erreicht, wo das Quecksilber stehen blieb.

Bei einem 13 cm langen Keimpflänzchen von Pisum sativum, an dem die Electroden auf Wurzelhals und Stengel aufgesetzt waren, gestalteten sich die Zahlenverhältnisse folgendermassen:

O-Ausschlag: + 33
H-Ausschlag: + 4 constant.
Luft: + 32 constant.

In der Regel jedoch waren die Aenderungen der electrischen Spannung nicht ganz so einfach. Für den zahlreicher gefundenen Typus mag ein älteres Blatt von Hydrangea als Beispiel dienen. Ruhelage bei aufgesetzten Electroden: sc. 20; Sauerstoff verdrängt: Ausschlag sinkt innerhalb fünf Minuten auf sc. 10, nach weiteren fünf Minuten auf sc. 3. Auch hier bleibt der Ausschlag nicht constant, sondern steigt in zehn Minuten auf sc. 5. Erst hier tritt Ruhe ein. Die Zuführung von Luft lässt den Ausschlag bis sc. 24 wachsen (in 3′),

---

[1]) Die Ruhelage bei stromloser Anordnung war stets bei Theilstrich 0.

von wo er in den nächsten 2′ bis sc. 22 zurückgeht. Andere Blätter zeigen natürlich andere Zahlen, aber doch ähnliche Verhältnisse im Wachsen und Abnehmen des Stromes. So ein junges Blatt von Quercus pedunculata:

O-Ausschlag:	+ 42	
H-Ausschlag:	+ 27	
	+ 34	constant.
Luft:	+ 39	
(in 20″)	+ 38	constant.

Es ist ermüdend, alles Zahlenmaterial aufzuführen, was im Verlaufe der zahlreichen Versuche gewonnen worden ist. [1]) Aus allen geht aber mit Sicherheit hervor, dass, sobald man dem Pflanzentheil den Sauerstoff entzieht, sich die Spannungsverhältnisse ändern, die dann bei Wiederherstellung der normalen Athmungsbedingungen in den ursprünglichen Zustand — nahezu wenigstens — zurückkehren. Somit ist die Thatsache festgestellt, dass die Pflanzenströme von der Athmung abhängen.

Es dürfte am Platze sein, gleich hier den einzigen Einwand zurückzuweisen, dass nämlich nicht die Aenderungen der chemischen Vorgänge innerhalb der Pflanze, sondern rein äusserliche mechanische Einflüsse, etwa Reibung der Gastheilchen in sich oder bei der Diffusion in die Zellmembranen etc., eventuell das Wachsen und Abnehmen des electrischen Stromes im Gefolge haben könnten. Es gibt ja wohl Gasketten. Aber davon kann hier nicht die Rede sein, wie der folgende sehr einfache Controlversuch hinreichend beweist. Statt des Pflanzenobjects wurde ein, in der Dicke eines Bleistifts fest zusammengewickelter, angefeuchteter und einseitig mit Chlornatriumlösung getränkter Streifen Fliesspapier dem Wechsel von Luft und Wasserstoff ausgesetzt. Ich hatte so ein System gröbster und feinster Capillaren, wie es ähnlich das Pflanzengewebe bietet. Der Galvanometerausschlag, der infolge des abnehmenden Concentrationsunterschiedes an beiden Electroden die Tendenz zu sinken hatte, behielt diese ruhig bei, ohne im geringsten auf den zugeführten Wasserstoff zu reagiren. Der Ausschlag eines eben mit heissem Wasserdampf getödteten Pisum-Stengels blieb ebenfalls bei Sauerstoff-Entziehung ungeändert. [2]) Diese beiden Versuche, die ich übrigens auch mehrere

---

[1]) Einen Teil der Versuchsprotokolle siehe im Anhang.

[2]) Ich erhielt in der That einen Ausschlag von 40 Theilstrichen, was für den ersten Augenblick merkwürdig und unserer Erklärung von der Entstehung der electrischen Ströme zu widersprechen scheint. Denn nachdem das Plasma abgetödtet

Male wiederholt habe, genügen vollständig, um die angeführten Bedenken hinfällig zu machen.

Hat der Gaswechsel also an todten Objecten keinen Einfluss auf die electrische Spannung, so kann die Ursache für die Aenderung dieser nur in Reactionen zu suchen sein, welche in den Zellen des lebenden Organismus vor sich gehen. Welcher Art die durch Entziehung des Sauerstoffs eintretenden Modificationen der chemischen Umlagerungen im Einzelnen sind, wissen wir nicht. Dazu bedürfte es zuerst wohl einer genaueren Kenntniss der Sauerstoffathmung. Wir kennen zwar deren Produkte und ihre Zusammensetzung aus den Elementen C und O, vermögen aber nicht zu sagen, wie viel Processe nöthig sind, ehe dass dem aufgenommenen Sauerstoff-Molekül entsprechende CO_2-Molekül abgespalten wird. D a h e r e r g i b t s i c h v o n v o r n h e r e i n d i e U n m ö g l i c h k e i t, d e n w i r k l i c h e n i n n e r e n Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n A t h m u n g u n d e l e c t r i s c h e m S t r o m z u e r k e n n e n. W i r m ü s s e n u n s v o r l ä u f i g b e g n ü g e n m i t d e r T h a t s a c h e, d a s s e i n s o l c h e r ü b e r h a u p t v o r h a n d e n i s t.

Wie hat man sich nun das Zustandekommen des Galvanometerausschlages zu erklären?

In jeder lebenden Zelle finden chemische Umlagerungen statt, wodurch Electricität frei wird, hier mehr, dort weniger, je nachdem die eine Zelle stärker, die andere schwächer athmet. Die Zellencomplexe stellen also gewissermaassen eine Vereinigung von einer Menge kleiner galvanischer Elemente dar, die ihre Electricität unter sich ausgleichen oder auch als Ladung aufspeichern; vielleicht gibt gar die Electricität wieder Anlass zu neuen, für die Pflanze wichtigen chemischen Processen. — Dabei arbeiten die verschiedenen Zellen und ebenso die verschiedenen Zellcomplexe zwar mit verschiedener Intensität, aber doch in gleichem Sinne. Setze ich nun die Electroden an zwei verschiedenen Punkten auf, so geht von jeder ein Strom gleich-

---

ist, kann ja keine Athmung mehr stattfinden. Aber schon der Umstand, dass der am todten Gewebe gemessene Strom gegenüber dem am lebenden gefundenen meist umgekehrt war, ferner die Beständigkeit desselben bei der Sauerstoffentziehung, sagen deutlich, dass für diesen Strom andere Ursachen zu suchen sind. Sie können nur im Zerfall des Plasma und in den dadurch herbeigeführten „groben" chemischen Umsetzungen liegen. Legt man abgetödtete Pflanzentheile in Wasser, das die Gewebe auslaugt und so immer neue Moleküle mit einander in Berührung bringt, so bleiben diese Ausschläge tagelang erhalten. Aufbewahrung im feuchten Raume, wo nur die Verdunstung gehindert wird und die Mischung sich langsam vollzieht, lässt sie bald verschwinden.

namiger Electricität in den Schliessungsbogen; also etwa so: Von der Electrode A geht ein positiver Strom durch das Galvanometer zur Electrode B und durch das Blatt zurück zu A; der in B entstehende positive Strom fliesst umgekehrt durch das Electrometer zu A und durch den Pflanzentheil zum Ausgangspunkt B. Daher kann nur dann das Galvanometer Kunde davon geben, dass sich Elektricität im ganzen System bewegt, wenn der eine Strom den andern überwiegt. Ueber die wahre Grösse desselben erfahren wir also gar nichts, nur die Differenz wird uns angezeigt. Es wäre freilich nicht nur interessant, sondern von sehr grosser Wichtigkeit, die Stärke der Stromcomponenten kennen zu lernen, aber das muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. In Anbetracht der bis jetzt auf chemischem Gebiete gesammelten Erfahrungen liegt allerdings die Vermutung nahe, dass nicht unbedeutende Mengen electrischer Energie bei den Athmungsvorgängen in Frage kommen.

Auch das kann man nicht wissen, wie gross der Umfang des auf die einzelnen Electroden noch wirksamen electrischen Feldes ist. Indirect ist ja wohl das ganze Blatt für die Spannungsverhältnisse jedes einzelnen Punktes verantwortlich zu machen; direct aber mag, bei bei der notorisch geringen Leitfähigkeit des pflanzlichen Zellgewebes, eine im Verhältniss nicht sehr grosse Partie ihre freiwerdende Electricität an die Electroden abgeben. Andernfalls dürfte man ja auch nicht zwischen nahe gelegenen Punkten eine Spannungsdifferenz nachweisen können. Wie das electrische Feld ferner gestaltet sei, wie weit es sich nach der Struktur des Pflanzenorganismus richtet, das sind difficile physiologische Fragen, die vorläufig kein hervorragendes Interesse beanspruchen.

Gehen wir nun etwas näher auf die Einzelheiten der Versuche ein.

Die oben angeführten Versuche zeigen bei Sauerstoffentziehung ein Sinken des ursprünglichen Ausschlages. Der Strom erscheint schwächer, ohne dass wir zu sagen vermöchten, ob Verminderung der electromotorischen Kräfte oder Veränderung der Potentialdifferenzen die Ursache sind. Der eben erwähnte Umstand, dass wir es nur mit Stromdifferenzen zu thun haben, lässt vorläufig keine Lösung der Frage zu. Wir würden also auch dann, wenn das Electrometer keinen Strom mehr anzeigt, nicht behaupten können, dass sich überhaupt keine Electricität im System bewege, denn derselbe Stand des Quecksilberfadens könnte dadurch hervorgerufen werden, dass beide Stromcomponenten gleich sind. Ich musste das erwähnen, weil hin und wieder nach Einführen des Wasserstoffs der Ausschlag auf den Null-

punkt sank. Meist aber ging er nicht so weit zurück. Das sagt uns also, dass noch chemische Umlagerungen vor sich gehen und die Ursache der Fortdauer des electrischen Stromes sind. Mit andern Worten, es wird dieser nicht nur von der Sauerstoffathmung, sondern ebenso gut von der intramolecularen Athmung hervorgerufen. Wir wissen aber, dass die intramoleculare Athmung an verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Theilen derselben Pflanze different ist. Deshalb ist es auch gar nicht wunderbar, wenn sich auch einmal die ursprüngliche Stromesrichtung umkehrt, sobald der Sauerstoff verdrängt ist, so dass also, wenn erst die Electrode A die stärkere positive war, nun B die Oberhand bekommt.

Die folgenden Protokolle mögen dies veranschaulichen.

Evonymus Japonicus:	O-Ausschlag:	+ 8
	H-Ausschlag:	— 8
		— 4
	Luft:	+ 4
Griselinia litoralis:	O-Ausschlag:	+ 4
	H-Ausschlag:	— 5
	Luft:	— 1

Ebensowenig ist aber auch die Möglichkeit von der Hand zu weisen, dass die anfangs vorhandenen Strom-Differenzen sich vergrössern, dass also der Ausschlag im Electrometer in der einmal eingeschlagenen Richtung wächst. Merkwürdigerweise aber stieg das Quecksilber in allen diesen Fällen nicht sofort, sondern es trat erst ein lebhaftes Sinken ein, wie die folgenden Beispiele zeigen:

Vicia faba: (Die eine Electrode berührte eine der Cotyledonen, die andere 5 cm davon den Stengel.)	O-Ausschlag:		+ 20	
	H	nach 1½′	+ 12	
		„ 5′	+ 70	constant.
	Luft	„ ½′	+ 76	
		„ 12′	+ 27	
Pisum sativum: (Dieselbe Application.)	O-Ausschlag:		+ 30	
	H-Ausschlag		+ 19	
			+ 34	
	Luft		+ 38	
			+ 20	
			+ 27	

Diese augenscheinlich viel complicirteren Schwankungen der electrischen Ströme haben ihren Grund wohl darin, dass in diesen Fällen der Uebergang von der Sauerstoffathmung zur intramolecularen

Athmung nicht so glatt verläuft. Der Zeitpunkt, resp. der Procentgehalt der Luft an Sauerstoff, bei dem die intramoleculare Athmung angeregt wird, ist bekanntermassen für verschiedene Pflanzen ungleich. Eine Zeit lang gehen auch beide Processe neben einander her, bis schliesslich die intramoleculare Athmung ungetrübt sich einstellt. Und selbst dann, wenn die Sauerstoffathmung schon ganz aufgehört hat, braucht die intramoleculare Athmung noch nicht auf ihrem Höhepunkt angekommen zu sein. Es ist eben hier wie zu jedem Uebergang Zeit nöthig.

Auffällig ist bei Vicia faba, dass die endliche Einstellung des Quecksilbers weit über der anfänglichen Gleichgewichtslage sich befindet. Nun nehmen die Vicia faba - Keimlinge auch in anderer Hinsicht eine Ausnahmestellung ein. Während sonst — wenigstens bei den bis jetzt untersuchten Pflanzen — die durch intramoleculare Athmung abgespaltene Kohlensäuremenge im Allgemeinen erheblich hinter dem Quantum zurückbleibt, was in derselben Zeit unter normalen Verhältnissen producirt wird, sind hier die Mengen gleich.[1]) Vielleicht besteht zwischen diesen beiden bemerkenswerthen Erscheinungen ein gewisser Parallelismus, so zwar, dass einer stärkeren CO_2-Produktion ein grösserer Ausschlag entspricht. Sollte sich diese Vermuthung bestätigen, so wäre damit viel gewonnen; möglicherweise können dann die electrischen Ströme einmal als Maass der localen Athmungsintensität dienen.

Unterstützt wird diese Vermuthung durch die sich aus sämmtlichen Beispielen ergebende Thatsache, dass im Anfang der Sauerstoffentziehung, wo unzweifelhaft die Kohlensäureabspaltung zurückgeht, der Ausschlag stets sinkt.

Bis jetzt sind nur diejenigen Veränderungen der electrischen Erscheinungen betrachtet worden, die eintreten, wenn man die normale Athmung hindert. Was zeigt uns nun das Galvanometer, wenn man diese wieder herstellt? Die Antwort lautet sehr kurz: Die alsdann auftretenden Stromschwankungen verlaufen im Allgemeinen in der umgekehrten Weise, sie bilden gewissermaassen das Spiegelbild zu den früheren. Jedenfalls strebt das Quecksilber wieder dem Punkte zu, den es vor Beginn des Versuches annahm. Die Betrachtung der Beispiele bestätigt dies sofort. Wenn das Verdrängen des Sauerstoffs ein einfaches Sinken des Ausschlags zur Folge hatte, so steigt dieser wieder bei Zuführung atmosphärischer Luft. Stieg im ersten Theile

[1]) Untersuchungen aus d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. 1 (1885) S. 645 ff. und Stich, Athmung der Pflanzen bei vermind. Sauerstoffspannung (Dissert. Marburg 1890) S. 32.

des Versuchs das Quecksilber, nachdem es seinen tiefsten Stand erreicht hatte, wieder bis zu einer gewissen Höhe, so beginnt der zweite Theil mit einem Sinken auf eben diesen Punkt (ungefähr), um dann nach der anfänglichen Gleichgewichtslage zu wandern. Wir können hier ebenso wenig die einzelnen Phasen der electrischen Erscheinungen erklären, wie beim H-Ausschlag. Wir wissen eben nur, dass bei Sauerstoffzutritt zunächst veränderte Athmungsintensität möglich ist, und dass diese durch eine Verschiebung des Quecksilberfadens angezeigt wird; und wir müssen uns begnügen, auch hier gewisse Regelmässigkeiten in den Stromschwankungen festgestellt zu haben.

Hin und wider freilich — bei Vicia faba fast immer — war vor den regelmässigen Ausschlägen bei Lufzutritt ein kurzer Vorschlag von wenigen Theilstrichen zu bemerken, der oft auch nur durch ein leises Zucken angedeutet war. Die Richtung dieses Vorschlags war mit seltenen Ausnahmen der des folgenden normalen Ausschlags entgegensetzt. Ich denke mir, und es steht dieser Annahme nichts im Wege, dass jeden Augenblick — während der intramolecularen Athmung — eine Anzahl oxydierbarer Moleküle vorrätig ist. Deren freie Valenzen reissen dann in dem Augenblick, wo freier Sauerstoff geboten wird, diesen lebhaft an sich. Durch diesen plötzlich eintretenden und schnell verlaufenden chemischen Process wird eben jener ruckartige Vorschlag veranlasst. In der weiteren Folge verschwindet die Ursache der anormalen Bildung freier Affinitäten, die Athmung geht langsam in das frühere Geleis zurück.

Nicht unerwähnt soll hier bleiben, dass die Galvanometerreaction nach Luftzutritt immer schneller ablief als bei Verdrängung des Sauerstoffs durch den Wasserstoff. Der Grund mag wohl in dem nur allmählichen Vertreiben der Luft durch H zu suchen sein.

Eigentlich hätte das Quecksilber stets seine ursprüngliche Gleichgewichtslage erreichen sollen. Das geschah in Wirklichkeit aber höchst selten, sei es nun, dass es unter dieser zur Ruhe kam, wenn der Ausschlag nach unten gegangen war, sei es, dass es darüber stehen blieb, wenn — wie bei Vicia faba — der Wasserstoff den ursprünglichen Ausschlag noch hatte wachsen lassen. Der Grund liegt jedenfalls in einer pathologischen Nachwirkung des anormalen Zustandes, die sich auch darin kennzeichnet, dass oft nicht die frühere Kohlensäuremenge producirt wird.[1])

Auch in anderer Hinsicht ist ein glattes und präcises Einstellen nicht immer vorhanden, aber auch gar nicht zu erwarten. Variationen

[1]) Stich, l. c. S. 14.

uns unbekannter Art veranlassen sicher Oscillationen in der Athmungsthätigkeit, die in längeren Zeiträumen, als die gewöhnliche Versuchsdauer betrug, verlaufen. So nur ist zu erklären, dass selbst bei ungehindertem Sauerstoffzutritt sich das Quecksilber im Capillarelectrometer verschiebt. Schon Kunkel hat diese in langen Intervallen vor sich gehenden Schwankungen beobachtet, die bei Pflanzen mit an sich geringen Ausschlägen und bei Versuchen, die längere Zeit in Anspruch nahmen, recht störend wirken können. Absolut constant sind also die Ausschläge nie gewesen, auch wo ich hinter den betreffenden Scalentheil „constant“ geschrieben habe.

Aber all diese Unsicherheiten sind geringfügig und können keinesfalls den Werth der Thatsache, die sich aus den Versuchen ergeben hat, beeinträchtigen, dass eben die electrischen Ströme von der Athmungsthätigkeit abhängen.

Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieser Theorie wird durch die im Folgenden wiedergegebenen Versuche erbracht.

Das Princip war, nur in der Umgebung der einen Electrode dem athmenden Pflanzentheil den Sauerstoff zu entziehen und so die Differenz der Athmungsthätigkeit entweder zu verringern oder zu vergrössern. Zu dem Ende war der Apparat zwischen den Electroden durchgeschnitten worden (siehe Fig. 1 die Linie d). Die nach der Mitte zu gelegene Oeffnung der einen Hälfte wurde mittelst eines durchbohrten Korkes geschlossen, dessen Oeffnung sich dem hineinzusteckenden Pflanzentheil anpasste. Watte und Cakaobutter, die bei 30^0 geschmolzen und aufgegossen war, vollendete die Dichtung. In den so präparirten Raum konnte ein feuchter Wasserstoffstrom geleitet werden. Die andere Hälfte des Apparates diente nur dazu, die beiden Pflanzentheile unter dieselbe Temperatur und denselben Dampfdruck zu bringen. Sie wurde über den noch freien Theil der Pflanze hinübergeschoben und, um keinen Sauerstoffmangel eintreten zu lassen, ein äusserst langsamer Luftstrom durch einen Aspirator durchgesaugt. Als Untersuchungsobjecte dienten in der Regel Faba- und Pisum-Keimlinge.

Die untere Partie des Stengels mit der Wurzel von einem 14 Tage alten Pisum-Keimling wurde dem Wasserstoffstrom ausgesetzt, die Electrode in diesem (verdunkelten) Raum dem Wurzelhals, die andere dem Stengel möglichst nahe der Spitze applicirt. Anfangs-Ausschlag: + 5 sc. Nach der Sauerstoffverdrängung war derselbe auf + 57 sc. gestiegen. Erneuter Luftzutritt liess ihn auf + 14 sc. sinken. — Ein Versuch mit einem 15 cm langen Faba-Stengel (ohne Cotyledonen), wobei die Electroden 5 cm von einander entfernt waren, gab folgende Zahlen:

+ 30 sc.; H, wiederum zum unteren Stengeltheil: + 60; H verdrängt: + 15. — Schliesslich sei noch ein Versuch erwähnt, bei welchem der Wasserstoff der der Spitze näher gelegenen Partie eines Blattes zugeführt wurde. Die Applicationsstellen der Electroden an dem 12 cm langen Blatt von Zea Mais waren 4 cm von einander entfernt: Anfangsruhelage: + 10 sc.; Wasserstoff: — 20 sc.; nach Luftzutritt: + 10 sc.

Ich könnte die Zahl der Beispiele um viele vermehren. Sie zeigen aber alle mit überwiegender Regelmässigkeit die gleiche Erscheinung, nämlich: Lasse ich den Wasserstoff im Gebiete der positiven Electrode wirken, so wird der Ausschlag vergrössert. Sauerstoffentziehung an der negativen Electrode veranlasst ein Sinken. Das heisst allgemein: Die Electroden erfahren einzeln im Sinne ihrer ursprünglichen electromotorischen Wirksamkeit einen Stromzuwachs.[1])

Die mit diesen Versuchen gestellte Frage findet in der That eine günstige Antwort und bestätigt unsere Voraussetzung. Denn schliesse ich auf der einen Seite die Sauerstoffathmung aus und bewirke ich damit eine Veränderung der Differenz der Athmungsintensität, so zeigt das Galvanometer sofort eine Verschiebung der electrischen Spannungsverhältnisse an.

Auch Pflanzentheile, die von Natur eine bedeutende Athmungsdifferenz zeigen, geben aussergewöhnlich starke Ströme, also vor allem Blüten und bei diesen wieder die Sexualorgane.

Legte ich die eine Electrode einem Pistill oder einer Anthere (also dem stärker athmenden Theile) an, die andere dem, die Blüte tragenden Stengel, der weniger kräftig athmet, so ergaben im Durchschnitt zehn Versuche an Nymphaea 65 (maximum 72) sc; acht Versuche an Tulipa 69 (max. 73) sc; den spadix von Arum maculatum habe ich nur zweimal untersucht und einmal 78, das andere Mal nur 55 Theilstriche gefunden — während an grünen Blättern der Ausschlag im Grossen und Ganzen sich um 15—20 herum bewegte. So zeigten 6 ältere, ungefähr gleichgrosse Blätter von Sterculia inops durchschnittlich 17,5 sc. während ebensoviel junge 20,5 ergaben. Das ergäbe also eine Durchschnittsdifferenz von 3 Theilstreichen. Immerhin möchte ich diesem letzten Resultat, so sehr es für unsere Behauptung spricht, kein Gewicht beilegen, da es nur einer kleinen Reihe von Beobachtungen entspringt. Nicht angeschlossen ist ja, dass die bessere Leitfähigkeit der Zellmenbranen (geringere Dicke der Cuticula) in jüngeren Stadien zum Theil an den grösseren Ausschlägen Schuld hat.

---

[1]) Positiv und negativ ist, obgleich hier nicht correct, doch der Kürze halber gebraucht, auch sind natürlich die Electroden nicht das eigentlich wirksame.

Bei den bisherigen Versuchen war der Pflanze die Möglichkeit entzogen worden, den nöthigen Sauerstoff zu consumiren. Man kann aber auch die Fähigkeit, den reichlich gebotenen Sauerstoff zu verwerthen, beeinflussen. Es fragt sich, ob man auch dadurch Aenderungen in den electrischen Verhältnissen erzielen kann.

Setze ich z. B. die Umgebungstemperatur herab, so vermindere ich dadurch die Athmungsenergie der Pflanze, während durch eine Temperaturerhöhung der Oxydationsprocess bis zu einem gewissen Grade gesteigert wird. Ist die Tödtungstemperatur erreicht, so erlischt natürlich mit dem Leben die Respiration.

Die Untersuchungsobjecte wurden wieder in dem zweitheiligen Apparat mittelst des durchbohrten Korkes befestigt, natürlich die Dichtung mit Cacaobutter weggelassen, dafür aber die Korkscheibe auf jeder Seite, zwecks möglichster Verhinderung des Temperaturausgleiches zwischen beiden Räumen mit einer Schicht Watte bedeckt. Den anderen Verschluss der Röhrenhälften bildeten dreifach durchbohrte Gummistopfen, durch deren mittelste Oeffnung ein Thermometer in den Innenraum ragte, so dass die Kugeln in nächste Nähe der Ansatzstellen für die Electroden kamen. Die beiden anderen Oeffnungen vermittelten durch geeignet eingeschobene Glasröhren den Luftwechsel, den ich theils von einem Aspirator, theils von der Wärme selbst bewirken liess. Welchen Modus ich anwendete, war für die Ergebnisse gleichgiltig. Für die Beobachtungen wurden dann der Anfangsausschlag und die Anfangstemperatur abgelesen, dann die eine Seite des Apparates entweder durch Schnee gekühlt oder durch den schon erwähnten Heiztisch erwärmt. Zunächst aber wurden einige Vorversuche mit nicht electromotorisch wirkenden Objecten angestellt, theils mit fest zusammengewickeltem Fliesspapier, theils mit abgetödteten Pflanzenstengeln. Da zeigte sich, dass in einer sonst stromlosen Anordnung durch einseitiges Erwärmen Ausschläge im Electrometer hervorgerufen werden können. Sie sind nun nicht sehr gross; der grösste, den ich constatirt habe, betrug 9 Theilstriche. Sie sind nicht als Wirkung von Thermoströmen zu betrachten, da ja nirgends von Erwärmung von Metallcontacten die Rede ist. Ich kann mir nur denken, dass sie — möglicherweise — von einem, im Fliesspapier vom kältern zum wärmeren Theil infolge der einseitigen Verdunstung fliessenden Wasserstrom veranlasst sind. Es geht jedenfalls aus den Controlversuchen hervor, dass die noch nicht zur Zufriedenheit gelöste Frage nach dem Einfluss der natürlichen Wasserströmung in der Discussion der folgenden Versuche eine Rolle spielen würde. Ich werde

deshalb auch nicht versuchen, die galvanometrischen Ausschläge zu erläutern, sondern mich nur auf die Wiedergabe einiger Protokolle beschränken.

Blatt von Sterculia: Anfangstemperatur 18° C. Ausschlag + 5 sc. Darauf wurde der obere [1]) Theil abgekühlt, so dass die Temperaturdifferenz beider Theile 14° (15°—1°) betrug; der Ausschlag stieg dabei auf 50 sc. Nach der Entfernung des Schnees und dem Ausgleich des Wärmeunterschiedes: + 12 sc. constant.

Ein anderes Blatt derselben Pflanze: Anfangstemperatur 17,2°; Gleichgewichtslage des Quecksilbers + 17 sc.; diesmal wurde der obere Theil erwärmt: bei 14° Unterschied war der Ausschlag auf 0 sc. gesunken; nach weiterem Erwärmen (35°—19,5°) stellte er sich auf — 25 sc. ein. Nach Entfernung des Heiztisches — Endtemperatur in beiden Teilen des Apparates 17° — stieg der Ausschlag auf + 13 sc.

Auch Versuche mit Pflanzenstengeln zeigten dieselbe Erscheinung (Tulipa, Begonia), dass die wärmere Seite einen Stromzuwachs in positivem Sinne erfuhr.

Steigerte man die Temperatur noch weiter (auf 45° bis 55°), dann sah man in der Regel den Ausschlag nach der andern Seite des Nullpunktes sinken; darauf folgten mehrere, in Grösse und Dauer sehr abwechselnde Oscillationen, bis der Meniscus sich irgendwo einstellte. Diese Einstellung blieb auch dann noch constant, wenn die Wärmezufuhr unterbrochen wurde — die Lebensthätigkeit war erloschen.

Versuche über den Einfluss des absolut gesteigerten Luftdruckes auf das Verhältniss zwischen Respiration und electrischen Erscheinungen sind nicht gemacht worden, wohl aber wurde der Partialdruck des Sauerstoffs vermehrt. Aber selbst in reinem Sauerstoffgas trat keine Spannungsänderung ein. Die Menge der gebildeten Kohlensäure erleidet in der That, wie neuere Untersuchungen an Vicia faba gezeigt haben, keine Aenderung bei wachsender Sauerstoffzufuhr — erst nach längerer Zeit wird das Wachsthum etwas gehemmt.

Eine Vergrösserung der Athmungsintensität wird auch durch Verletzungen hervorgerufen. Eine sehr vermehrte CO_2-Bildung zeigen z. B. Kartoffeln.[2]) Sie wurden desshalb im unverletzten und verletzten Zustande zwischen die Electroden genommen. Aber ich erzielte überhaupt kein Resultat. Der ursprüngliche Ausschlag war geradezu minimal. Eine Regelmässigkeit war bei der Gleichartigkeit des Objectes nach allen Richtungen hin, bei seiner „Kugelähnlichkeit" von

[1]) In axialer Richtung zu verstehen, also die Blattspitze.

[2]) Stich, l. c. S. 15.

vorn herein nicht zu erwarten. Auch die Korkschicht, welche die ganze Oberfläche überzieht, mag am Ausbleiben des Stromes mit Schuld sein. Nur wenn ich eben keimende Kartoffeln nahm und die eine Electrode dem Vegetationspunkte anlegte, konnte ich im Stromindicator 4—6 Theilstriche ablesen. Dieser Ausschlag blieb aber so gross, auch wenn ich ein Stück der Knolle abschnitt. Es ist sehr wohl möglich, dass die Respirations-Steigerung sich nur auf die Wundfläche und die zunächst gelegenen Partien erstreckt, in denen allein durch Reiz Wachsthumsvorgänge angeregt werden. Dann ist das indifferente Verhalten der entfernt liegenden Theile erklärt. Wenn ich freilich die eine Electrode der Wunde, die andere dem Vegetationspunkt applicirte, so erhielt ich sehr bedeutende Ströme. Dann ist aber der Fehler, den ältere Forscher nicht vermieden haben, nämlich die Electroden in directen Contact mit dem Zellsaft zu bringen, wieder aufgetaucht; desshalb muss man diese Erfahrungen als werthlos für unsere Frage bezeichnen.

c) Assimilation und electrische Vorgänge.

Ein zweiter wichtiger, mit chemischen Umlagerungen verbundener Lebensprocess in der Pflanze ist die Kohlensäure-Assimilation. Wir wissen allerdings davon nicht viel mehr, als dass CO_2 verbraucht und zu organischen Verbindungen verarbeitet wird, und dass der Chlorophyllapparat unter Zuhilfenahme des Lichtes der Vermittler ist. Immerhin genügt das Bekannte, um die Vermuthung daran zu knüpfen, dass die Beeinflussung des Assimilationsprocesses Modificationen der electrischen Erscheinungen nach sich ziehen wird.

Man kann nun einmal die conditio sine qua non, das Licht ausschliessen, das andere Mal das zu verarbeitende Material, die Kohlensäure entziehen.

In beiden Fällen verwendete ich den ungetheilten Apparat. Das Verdunkeln geschah durch Ueberschieben schwarzer Papiercylinder und Ueberwerfen eines schwarzen Tuches. Es seien zunächt einige Versuche in extenso beschrieben.

Blatt von Quercus pedunc. Ausschlag: + 17. Nach dem Verdunkeln sinkt das Quecksilber erst schneller, dann langsam innerhalb zehn Minuten auf + 10; dann wurde wieder erhellt: Steigen auf + 22 in zwei Minuten und danach langsames Sinken auf + 19 und wiederum Steigen auf + 23, wo constant. — Dann wurde von neuem verdunkelt: der Ausschlag geht zurück auf + 17 in sechs Minuten; abermaliges Belichten liess ihn in $^1/_2$ Minute bis + 32 wachsen, dann wieder

abnehmen bis auf + 28 und schliesslich bis auf + 33 hinaufgehen. Dann wurde der Versuch abgebrochen.

Junges Blatt von Sambucus nigra: Anfängliche Ruhelage: + 30; verdunkelt: + 7; wieder belichtet: ein langsames, dann schnelles, dann in der Geschwindigkeit wieder abnehmendes Steigen auf + 18. Abermals verdunkelt: + 0,5; erhellt + 16.

Diese beiden und alle übrigen mit Blätter angestellten Versuche zeigen zunächst übereinstimmend bei der Sistirung der Kohlensäurezersetzung eine Abnahme des Ausschlags, d. h. unter Annahme unserer, schon bei anderen Gelegenheiten gemachten Voraussetzung, dass der indicirte Strom nur durch quantitative Differenzen desselben Processes zu Stande kommen kann — eine Verringerung der Assimilationsdifferenz und folglich der electrischen Differenz. Stellt man die normalen Bedingungen wieder her, so tritt, dem Sinne nach, die frühere Spannung wieder ein; aber an Grösse fast niemals, sie bleibt entweder kleiner oder wird grösser. Wiederholt man den Versuch an demselben Objecte mehrere Male hintereinander, so ergibt sich schliesslich als Endresultat eine gegen die ursprüngliche gesteigerte oder verminderte Spannungsdifferenz. Wie diese letzterwähnte Erscheinung zu erklären sei, darüber wage ich keine Vermuthung aufzustellen, zumal sich nicht nur Blätter verschiedener, sondern auch derselben Pflanzengattungen, ja derselben Individuen verschieden verhalten. An Blättern monocotyler Gewächse und an Stengeln habe ich zwar auch stets eine Reaction auf das Verdunkeln hin, aber keine im voraus anzugebende Regelmässigkeit zu constatiren vermocht. Ich erlasse mir daher die Wiedergabe von Protokollen.

Nun habe ich aber noch den Nachweis zu erbringen, dass jene Veränderung in der electrischen Spannung wirklich auf die künstlich herbeigeführte Unthätigkeit des Chlorophyllapparates zurückzuführen ist. Es war das sehr leicht, da ich ja nur chlorophyllfreie Pflanzentheile in derselben Weise zu behandeln brauchte: Blumenblätter von Rosa, Papaver, Paeonia, Nymphaea etc. zeigten bei an sich recht bedeutenden Ausschlägen nach dem Verdunkeln keine Veränderung derselben. Nur ein Blumenblatt einer gefüllten Rose ergab nach dem Verdunkeln einen Ausschlag von 2,5 Theilstrichen, nach dem Erhellen einen solchen von 2 sc. Diese Aenderung liegt zwar innerhalb der Fehlergrenze, ich mag sie aber doch nicht übergehen, weil sie trotz aller Vorsicht, durch die operirende Hand keinen Einfluss im Stromkreis zu üben, eintrat. Die Möglichkeit, dass strahlende Wärme bei den Assimilationsversuchen hätte einen Einfluss üben können, war dadurch ausgeschlossen,

dass sämmtliche hierher gehörenden Beobachtungen bei diffusem Licht (meist an trüben Tagen) gemacht wurden. — Solche Blätter, in denen das Chlorophyll nur durch einen andern Farbstoff verdeckt ist, wie die von Fag. sanguinea, Sambucus racemosa, verhalten sich bei Hinderung des Lichtzutrittes wie gewöhnliche grüne Blätter.

Eine andere Möglichkeit, die Thätigkeit des Chlorophylls zu reduciren, liegt in der Kohlensäure-Entziehung. Diese ist aber nicht völlig durchzuführen. Wenn man auch die CO_2 der die Pflanze in dem kleinen Untersuchungsraum umgebenden Luft sehr bald durch KOH aufnehmen kann, so wird doch jeden Augenblick durch den Athemprocess neue gebildet, welche nicht durch Diffusion so schnell zum Absorptionsgefäss wandert, als dass sie nicht vorher wieder in den Assimilationsprocess hineingezogen werden könnte. Ja, es ist anzunehmen, dass ein grosser Theil überhaupt nicht aus der Pflanze hinauskommt, sondern dass die CO_2, sowie sie gebildet ist, auch sofort verarbeitet wird. Ich habe demzufolge bei dieser Versuchsanordnung keine Resultate erzielt.

Eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes der umgebenden Luft, bis reine CO_2 allein vorhanden war, rief eine Reihe von unregelmässigen Oscillationen im Electrometer hervor, die sich öfter über eine ganze Anzahl von Theilstrichen erstreckten. Blieb der Pflanzentheil genügend lange in diesem Medium, so endeten schliesslich die Oscillationen mit einer Einstellung, die langsam dem Nullpunkte zustrebte, aber nicht wieder durch Herstellung der normalen Lebensbedingungen zu verändern war — der Tod war eingetreten.

d) Versuche an einzelnen Zellen.

Es wäre nun sehr interessant, das, was man an Zellcomplexen über den Zusammenhang der Pflanzenelectricität mit den Lebensprocessen festgestellt hat, an einer einzelnen Zelle bestätigt zu finden. Als günstigstes, wenn auch sehr zartes Object bot sich hier Nitella, deren lange Internodien bequem das Anlegen der trotz der Fadenspitzen recht plumpen Electroden gestatteten. Die Alge wurde auf einem, mit einer dünnen Wasserschicht bedeckten Objectträger in den vollständig dampfgesättigten Apparat gebracht, und ich konnte, von den jüngeren Zellen wenigstens, regelmässige, wenn auch infolge der Nebenschliessung geringe Ströme ableiten. Aber die Sauerstoffverdrängung hatte nicht den mindesten Erfolg, wenigstens nicht in der Zeit, in der er bei anderen Objecten eintrat. Die Pflanze ging eher zu Grunde, als man hoffen durfte, dass der im Wasser gelöste Sauerstoff verbraucht sei. Nur in einem einzigen Falle ist es mir gelungen,

die Nitella genügend lange am Leben zu erhalten. Der Verlauf des Versuchs war folgender: Nachdem die Electroden aufgesetzt waren, stellte sich, wie in jedem Falle bei Nitella, der Ausschlag nicht sofort fest ein. Die Schwankungen bewegten sich diesmal zwischen folgenden Scalentheilen: + 14, + 5, + 10, + 11, + 7, + 8, — 12, + 9, + 8, + 11, — 10, + 19, + 17. Auf + 18 stand dann das Quecksilber fest. Dann wurde Wasserstoff 45 Minuten lang hindurchgeleitet. Unter ähnlichen Oscillationen, die nur über kleinere Intervalle sich erstreckten, sank der Ausschlag auf 0 sc. Als ich dann Luft durchleitete, zeigte sich noch nach zehn Minuten kein Erfolg. Erst nachdem ich durch einen dünnen Wasserstrahl das die Zelle umgebende Wasser ersetzte, trat wieder ein Steigen des Quecksilbers ein, welches schliesslich bei 9,8 stehen blieb. Die Zelle war noch am Leben, denn die Protoplasma-Bewegung war augenscheinlich noch unverändert.

Dass auch Verdunkeln und Belichten keinen Einfluss hatten, wird seinen Grund wohl in der gleichmässigen Vertheilung des Chlorophyllapparates und der daraus folgenden gleichmässigen Zu- und Abnahme der CO_2-Zersetzung bei Störung des Processes haben.

Dagegen konnte durch eingeführten Chloroformdampf, der vom Wasser schnell absorbirt wird, der Tod der Zelle mit Leichtigkeit herbeigeführt und die demselben vorausgehenden Störungen des electrischen Gleichgewichts festgestellt werden. Eine Gesetzmässigkeit in den Oscillationen des Quecksilberfadens liess sich allerdings nicht finden. Doch war es möglich, den Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür zu erbringen, dass nicht die Plasmabewegung als solche, das heisst die Reibung der rotirenden Materie in sich und an den Zellwänden am Entstehen der electrischen Ströme betheiligt sei. Neben den Internodien von Nitella gaben auch Valisneriablätter geeignetes Versuchsmaterial ab. Um die Plasma-Strömung durch die Wandung des Apparates gut beobachten zu können, war in dieselbe eine viereckige Oeffnung geschnitten worden, die durch ein aufgekittetes Deckgläschen wieder geschlossen war. Diesem lagen die Objecte an und wurden durch Streifen gehörig angefeuchteten Fliesspapiers festgehalten. Die Plasmabewegung war somit mikroskopisch leicht zu controliren, ohne dass ein Austrocknen der Pflanze oder der Electroden das Ergebniss hätte trüben können.

Versuchsprotokoll. Nitella: Anfängliche Ruhelage + 15; ein mit Chloroform getränktes Wattebäuschchen eingeführt: Nach 12 Secunden bereits ändert sich der Ausschag: er sinkt rapid auf — 20; eine Aenderung in der Schnelligkeit der Protoplasmabewegung konnte ich

nicht erkennen. Erst nach 85 Sec. kommt diese zur Ruhe; unterdessen hatte das Quecksilber die Scala bis — 2, von da bis — 41 durchlaufen. Jetzt wurde das Chloroform entfernt, die Plasmaströmung kehrte zurück; Ausschlag steht auf + 32. Wiederum Chloroform eingeführt: das Quecksilber wandert: + 4; Aufhören der Plasmabewegung! + 13, + 11, + 14, + 12, + 15, + 17 constant. Weder der Ausschlag änderte sich noch kehrte die Plasmaströmung nach Zuführen frischer Luft wieder — die Zelle war todt. Nach diesen Versuchen steht fest, dass die Spannungsänderungen noch fortdauern, wenn die Bewegung des Protoplasma schon aufgehört hat, diese könnte also nur anfänglich an dem Zustandekommen des electrischen Stromes mitwirken. Da aber in dem Verlauf der Oscillationen keine bemerkbaren Unterschiede zwischen der Zeit vor und nach dem Aufhören jener Rotation auftreten, so ist wohl überhaupt kein Zusammenhang der electrischen Erscheinungen mit der mechanischen Bewegung des Plasma vorhanden.

e) Zusammenfassung.

Alle die Versuche, auf denen sich die vorhergehende Darstellung aufbaut, sind an verhältnissmässig wenigen Pflanzenspecies angestellt worden. Man könnte mir also den Vorwurf machen, dass das Material nicht hinreichend sei. Da ich aber, vor allem betreffs der Abhängigkeit der electrischen Ströme von der Athmung, Vertreter aus dem gesammten Pflanzenreiche, grüne und nicht grüne, Kryptogamen (einige Hutpilze) und Phanerogamen, Monocotyledonen und Dicotyledonen untersucht und überall ähnliche Erscheinungen gefunden habe, so lässt sich das Resultat unserer Beobachtungen ganz allgemein aussprechen und in folgenden zwei Sätzen zusammenfassen.

I. Es steht unzweifelhaft fest, dass Stoffwechsel-Vorgänge verschiedener Art als Ursache der electrischen Ströme in Pflanzen in Betracht kommen. Insbesondere ist nachgewiesen worden, dass in erster Linie Sauerstoffathmung, dann auch die Kohlensäure-Assimilation hervorragend daran betheiligt sind.

II. Die Wasserbewegung hat möglicherweise Antheil an dem Zustandekommen der electrischen Ströme, sicher aber ist ihr Einfluss nur ein geringer.

III. Theil.

Discussion der Kunkel'schen Untersuchungen.

Es dürfte nach den Resultaten, wie sie die eignen Untersuchungen ergeben haben, fast überflüssig erscheinen, noch einmal auf

Kunkel's Theorie zurückzukommen. Wenn ich es dennoch thue, so geschieht es nur, um im einzelnen, wenn auch mit knappen Worten, nachzuweisen, dass sie doch der nöthigen experimentellen Begründung entbehrt.

Dass im Allgemeinen Wasserbewegung in capillaren Räumen mit electromotorischen Kräften verbunden sein kann und ist, ist hinlänglich bekannt.[1]) Noch nicht völlig sicher aber ist, selbst nicht nach den von Kunkel ad hoc an Thonzellen vorgenommenen Untersuchungen, ob mit dem strömenden Wasser positive Electricität in derselben Richtung fortbewegt wird; noch weniger aber ist erwiesen, ob sich die Verhältnisse bei intramicellarer Wasserverschiebung (Quellung), bei denen eine ganz andere Arbeitsleistung in Betracht kommt, jenen anderen gleichstellen lassen.

Nach Kunkel sollen quantitative Unterschiede in der Wasserbewegung, die von dem grösseren oder geringeren Widerstande der Gewebepartien gegenüber dem von den Electroden aus eindringenden Wasser herrühren, Ursache der electrischen Erscheinungen sein.

Sind nun die Bedingungen für solche quantitative Unterschiede erfüllt? Ganz sicher. Denn die verschiedene Benetzbarkeit von Nervatur und Mesophyll am Blatte hat auch verschieden leichtes Eindringen des Wassers zur Folge. Aber man kann leicht die verschiedene Benetzbarkeit aufheben, indem man die Objecte feucht abwischt, ohne dass damit sich die electrischen Verhältnisse ändern. Ja, man kann ruhig eine, das Blatt eben bedeckende Schicht destillirten Wassers auf ihm stehen lassen: dann vermindert sich zwar die Stromstärke, aber die Richtung wird nicht beeinflusst. Und wie kann bei Valisneria oder Nitella von verschiedener Benetzbarkeit die Rede sein, von denen man, selbst wenn sie unter Wasser liegen (die Wasserschicht darf freilich nicht dicker als $^1/_2$—1 mm sein), regelmässige Ströme ableiten kann. Auch wenn man annimmt, was Kunkel aber gar nicht einmal thut, dass differente Gewebsstruktur sehr wohl Anlass zu quantitativ verschiedener Wasserbewegung geben könne, so lässt sich auch damit kein Beweis für die Kunkel'sche Theorie erbringen. Die Annahme an sich ist ja richtig. Aber wie erklärt man dann die merkwürdige Thatsache, dass man dort, wo sehr deutliche, schon dem blossen Auge wahrnehmbare Strukturunterschiede vorhanden sind, keine bedeutenderen Ströme erhält als an solchen Pflanzentheilen, wo die Differenzen nur noch mit dem Mikroskop zu erkennen sind?

---

[1]) Litteratur bei Kunkel angeführt; l. c. S. 353.

Auch die Behauptung Kunkels, dass die Nervatur sich immer positiv verhalte gegen das Mesophyll, bedarf nach meinen Beobachtungen einer Einschränkung. Sie ist nach meinem Dafürhalten nur sicher zutreffend innerhalb der „Isopotentialen", die natürlich bei jedem Blatte einen anderen Verlauf haben (die punctirten Linien in Figur 3 sollen den ungefähren Verlauf derselben an einem Blatte von Sterculia inops wiedergeben).

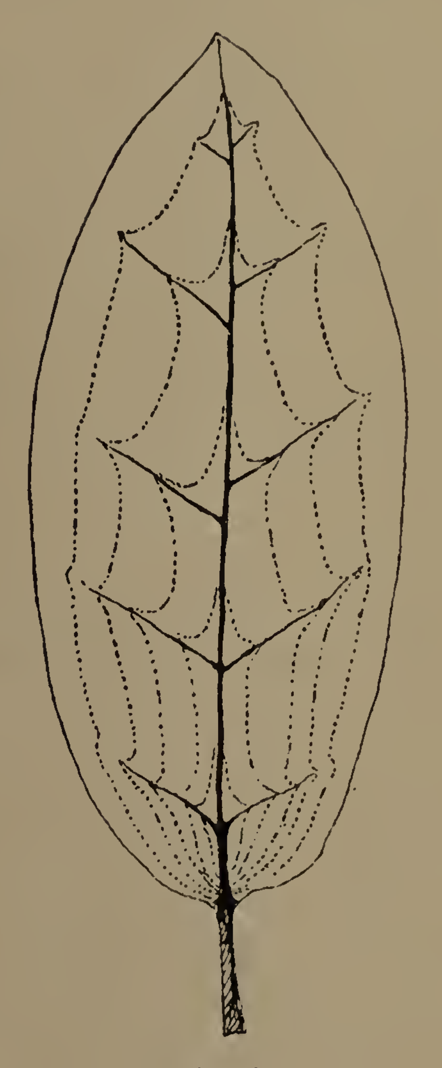


Fig. 3.

Dann ist ferner wohl zu beachten die von Kunkel selbst ausdrücklich hervorgehobene Thatsache, dass das normale electrische Verhalten nur am lebenden Blatte sich zeigt. Ein durch momentanes Eintauchen in siedendes Wasser getödtetes Blatt zeigt — wenn es etwa 1—2 Tage im feuchten Raum aufbewahrt wird — keinen Ausschlag, ebensowenig, wie ein freiwillig abgestorbenes, und doch sind die Bedingungen für quantitativ verschiedene Wasserbewegung immer noch vorhanden.

Auch den Thonzellenströmen muss ich ein paar Worte widmen. Es sei mir gestattet diese Versuche schematisch zu recapituliren.

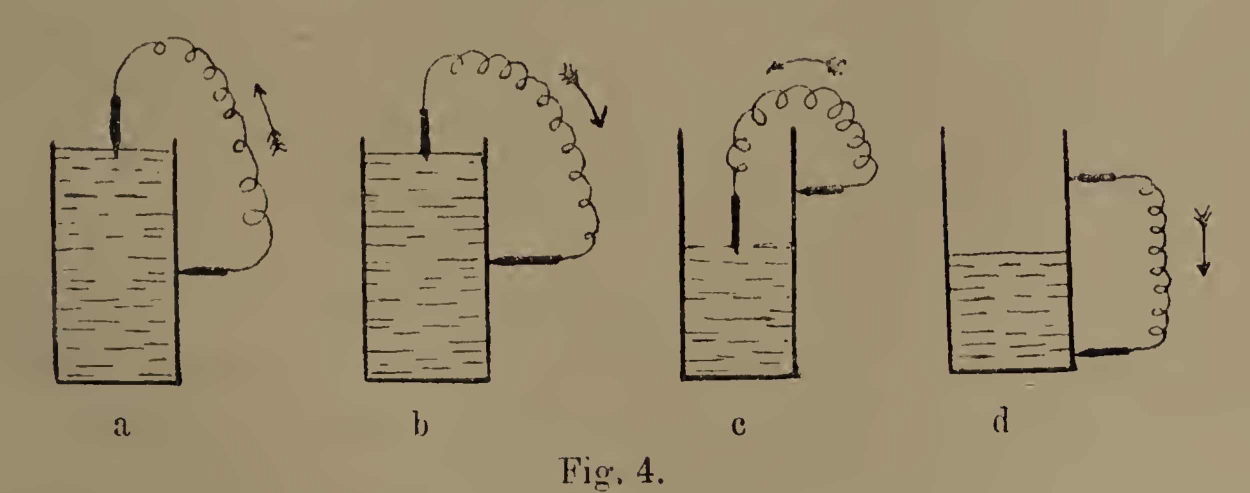


Fig. 4.

I. Füllte Kunkel eine Thonzelle ganz mit Wasser und legte er die eine Electrode der Wasseroberfläche, die andere einer Stelle der Aussenwand an, so erhielt er a) einen „temporären" Strom, bei dem sich die Wand positiv gegen das Wasser verhielt (Fig. 4a); b) nach kurzer Zeit einen „permanenten", der im Galvanometerdraht vom Wasser zur Wand ging (Fig. 4b).

II. Füllte er die Zelle nur halb mit Wasser, und legte er die eine Electrode wieder dem Wassercontinuum, die andere an der Aussen-

wand, aber über dem Wasserspiegel an, so zeigte sich nur der „temporäre" Strom (Fig. 4c); derselbe blieb aber ziemlich lange constant, weil „der höchste Imbibitionsgrad erst nach und nach erreicht wird."

III. Berührt an der halbgefüllten Thonzelle die eine Electrode die Aussenwand nahe dem Boden, die andere irgend eine Stelle über dem Wasserspiegel, so fliesst im Leitungsdraht ein Strom von der oberen zur unteren Electrode (Fig. 4d).

Die Verhältnisse, wie sie in Versuch I und II vorliegen, lassen sich mit denen an Blättern gar nicht vergleichen, taucht ja doch in letzterem Falle keine Electrode in ein Wassercontinuum. — Im Versuch III verhält sich die weniger imbibirte Stelle positiv gegen die stärker imbibirte. Betrachtet man nun in Blattversuchen allein den durch die Electroden herbeigeführten Sättigungs*zustand*[1]), so geht der Strom von der stärker imbibirten Rippe zum weniger gesättigten Mesophyll. Nach meiner Ansicht dürfte aber unmöglich der *Zustand*, sondern allein der mit verschiedener Energie stattfindende *Vorgang* der Wasserbewegung als Ursache des electrischen Stromes angesehen werden. Geht man hiervon aus, dann lässt sich zwischen Schema III und den Blattströmen eine Analogie finden. In beiden Fällen würde der positive Strom in diejenige Electrode eintreten, welcher vom Versuchsobject am meisten Wasser entzogen wird — nur schade, dass einmal die Electroden die alleinigen Urheber des electrischen Stromes sein sollen, nämlich bei den Blättern, das andere Mal, an den Thonzellen, den Electroden überhaupt keine Electricität erregende Wirksamkeit zuerkannt wird. Da entsteht ein Widerspruch, der die exacte Durchführung der *Kunkel*'schen Deductionen in Frage stellt.

Auch gegen die Beweiskraft der „Tropfenversuche" erheben sich Bedenken. Es ist ja im Allgemeinen richtig, dass diejenige Electrode, welche durch einen eingeschalteten Wassertropfen mit dem Pflanzentheil in Verbindung gebracht wird, positiv (anfangs wenigstens) gegen die andere erscheint, nach *Kunkel* desshalb, weil an der Stelle eine energische Wasserbewegung stattfindet. Aber diese auffällige Umkehrung findet auch dann statt, wenn man diesen Tropfenversuch an einem Blatte anstellt, das längere Zeit im Wasser gelegen hat, dessen Gewebe also mit Wasser gesättigt sind, so dass gar kein Anlass zur Wasseraufnahme von der Electrode her vorliegt.

Betreffs der durch Biegen und Verwunden erzeugten electrischen Erscheinungen habe ich auch eine nicht unwesentliche Bemerkung zu

[1]) s. *Kunkel*'s Arbeit S. 348.

machen. Zugegeben, dass sie ihren Ursprung den von den Electroden veranlassten, durch turbulente Wasserbewegung aber gestörten Diffusionsvorgängen verdanken — wie erklärt es sich denn, dass Quetschen und glattes Durchschneiden denselben Erfolg haben? Beim Quetschen wird doch Wasser der nächst gelegenen Electrode zugepresst, beim Schneiden aber höchstens, infolge der Verdunstung, weggeführt!

Alles in allem, es finden sich in den Deductionen Kunkel's einige Widersprüche, die aber hinreichen, seine Theorie, dass Wasserbewegung die alleinige Ursache der electrischen Erscheinungen sei, hinfällig zu machen. Sollte die Wasserbewegung in etwas wirksam sein, so kommt nur, wie schon S. 481 ausgesprochen wurde, ein geringer Bruchtheil auf ihre Rechnung.

Anhang: Versuchsprotokolle.

Zu Theil II, a.

1. Versuchsreihe (pag. 462).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Art der Applic. d. Electroden	Anfänglicher Ausschlag	Beim Durchleiten trockener Luft	Nach Herstell. der anfängl. Verhältnisse
Blatt vom Quercus ped.	Mittelrippe u. Mesophyll	12	9, 11, 10, 13, 11, 10, 11	11, 12, 11*)
„ Balsamine sult.	do.	8	3, 7, 8, 5, 9, 8	8, 6
„ do.	do.	9	10, 8, 9, 4, 9	9
„ Robinia pseudac.	do. (eines Fiederblättchens)	5	0, 4, 3, 4, 3	4
„ do.	do.	4	4, 5, 4, 1	3

2. Versuchsreihe (pag. 463).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Art der Applic. d. Electroden	Anfänglicher Ausschlag	Beim Erwärmen	Nach Herstell. der urspr. Temperatur
Blatt von Quercus ped	Mittelrippe u. Mesophyll	10	12, 8, 12, 3, 13	13, 11
„ Balsamine sult.	do.	7	10, 8	7, 6, 5
„ Sterculia inops	do.	11	14, 10	10

*) Das Unterstreichen der Zahlen bedeutet, dass der Ausschlag nicht absolut an dieser Stelle verharrte; ich habe aber diese kleinen Oscillationen nicht in das Protokoll aufgenommen, da sie für die Schlussfolgerung offenbar belanglos sind.

3. Versuchsreihe (pag. 463).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Art der Applic. d. Electroden	Anfänglicher Ausschlag	Nach Eintreten des norm. Turgors
Urtica dioica	Stengel (conf. Fig. 2)	8	$8^1/_2$, 8
Balsamine sult.	do.	4	$4^1/_2$, 3
do.	do.	7	6, 7
Tropaeolum maj.	do.	(17) 9	10
Polyg. fagop.	do.	(12) 5	5

Zu Theil II, b (pag. 466 ff).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Ansatzstelle der Electroden	Urspr. Ausschlag	Nach H-Zuleitung	Nach Luft-Zuleitung
Blatt von Castanea americ.	Mittelrippe und Mesophyll	+13	−8	+20
„ Castanea vesca	do.	+14	+4	+17
„ Rhamnus frang.	do.	+12	+10	+12
„ do.	do.	+10	+8; +12	+8
„ Potamog.nat.(jung.Bl.)	do.	+2	0	+1
„ Tilia parviflora	do.	+12	+7	+11
„ Prunus padus	do.	+14	+9	+13
„ do.	do.	+13	+14; +9	+14
„ Sterculia inops.	do.	+9	+7	+5; +10
Blüthe von Nymphaea alba.	Am Pistill dicht unter der Narbe und am Blüthenstengel	+62	−8	+50
Blumenblatt von Nymphaea alba.	In der Nähe der Insertionsstelle u. an der Spitze	+8	+7	+9
Keimlinge v. Pisum sativum	Cotyled. und Stengel	+26	+19; +32	+39; +30
„ Vicia faba	do.	+22	+12; +44	+51; +19
„ Cucurb. melanosp.	do.	+4	−3; +12	+14; +7
Blatt von Salix caprea	(Rückseite) Rippe u. Mesoph.	+9	+7; +13	+14; +8
Boletus edulis	oben und unten am Stiel	+9	+7	+8
do.	do.	+5	+4	+3; +4

Anm. Von Nadeln der Coniferen habe ich keinen messbaren Strom ableiten können.

Zu Theil II, b (pag. 26 ff).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Anfangs-temperatur Grade in Cels.	Anfänglicher Ausschlag	Nach dem Abkühlen resp. Erwärmen			Ausschlag	Nach Herstell. d. urspr. Verhältn.	
			Temp. bei Electr. A*)	Temp. bei Electr. B	Temp.-Differenz		Temperatur	Ausschlag
Blatt v. Quercus ped.	+18,5	+10	+1,5	+16	14,5	+42	+17	+19
„ Hyac. orient.	+17,5	+4	+0,5	+14	13,5	+18	+17	+12
„ Sterculia inops.	+18	+6	+0.5	+14,5	14	+47, +32	+18	+10
Stengel von Tulpe	+17,5	+5	+1	+16	15	+10	+17	+8
„ Begonia	+17	+4	+32	+19	13	−11	+17	+2
Blatt v. Sterc. inops.	+17	+8	+34	+20	14	−14	+17	+5
„ Hyac. orient.	+17,5	+3	+33	+19	14	−7, −4	+17	+11, +1
„ Piper nigr.	+17	+5	+39	+23	16	−12	+17	+1
„ Sterculia inops.	+17	+13	+49	+25	24	−60, +11, −47, −19, −30	+17	−31

*) Electrode A soll die sein, welche nach der Blatt- oder Stengelspitze zu aufgesetzt ist.

Zu Theil II, c (pag. 27 ff).

Pflanze resp. Pflanzentheil	Urspr. Anschlag	Dunkel	Hell	Dunkel	Hell
Blatt von Vitis vinif.	+14	+9	+10	+3	+9
„ Sterculia inops.	+10	+8	+9	+7	+10
„ Quercus pedunc.	+15	+5	+11	+4	+10
Blumenblatt von Nymphaea alba.	+17	+16,5	+16,5	+16	+15,5
„ Rosa canina	+9	+9	+9,5	+9	+8,5
Knolle von Solanum tub.	+3	+3	+2,5	+2	+2
Wurzel v. Daucus carota (cultiv.)	+19	+19	+18	+18	+17
Stiel von Boletus ed.	+9	+8	+8	+8,5	+7,5

Litteratur.

Samos. Étude géologique, paléontologique et botanique par le professeur Carlo de Stefani, le docteur C. J. Forsyth Major et William Barbey. Avec treize planches par Ch. Cuisin. Lausanne, Gge. Bridel & Cie., 1891.

Die Insel Samos war bezüglich ihrer Naturgeschichte bisher recht wenig bekannt und so füllt das vorliegende, sehr schön ausgestattete Werk eine Lücke in erwünschter Weise aus. Der botanische Theil, welcher hier allein in Betracht kommt, gibt zunächst eine Geschichte der bisher äusserst unvollständigen Kenntnisse der Inselflora, und dann auf Grund der Sammlungen von Dr. Forsyth Major einen „catalogue raisonné des espèces observées à Samos" mit Verweisungen auf die Flora orientalis von Boissier. Dieselbe wird begleitet von 13 vortrefflichen Tafeln, auf denen abgebildet sind Corydalis integra Barbey et Major; Erodium Vetteri Barbey et Major; Rubus Aegaeus Louis Favrat; Ranunculus Sprunerianus Boiss.; Fumaria Pikermiana Boiss. et Heldr.; Erysimum aciphyllum Boiss.; Iberis olympica Boiss.; Dianthus hypochlorus Boiss. et Heldr.; Saponaria graeca Boiss.; Cytisus Smyrnaeus Boiss.; Astragalus sinaicus Boiss.; Astragalus graecus Boiss.; Sedum laconicum Boiss et Heldr. K. G.

Eingegangene Litteratur.

Bommer, Ch. Essai de reconstitution physiognomique de quelques types de la flore houillère. Extrait du Bulletin de la Société Belge de Géologie de Paléont. et d'Hydrologie. Tome V, 1891.

— — Note sur le Verrucaria consequens Nyl. Extr. des Annales de la Société Belge de Microscopie. t. XVI. 1892.

Chodat, R. Polygalaceae. Bulletin de la Soc. royale de botanique de Belgique, t. XXX.

— — et Ch. Roulet. Structure anormale de la tige de Thunbergia laurifolia. Extr. des Archives des Sciences physiques et naturelles, t. XXVII.

Delpino, F. Pensieri sulla metamorfosi e sulla idiomorfosi presso le piante vascolari. Estratto dalla Serie V, Tomo II delle Memorie della R. Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna. 1892.

— — e Bernaroli, Pseudanzia di Camellia e di Geum. Estratto dal Giornale Malpighia, Anno V. Fasc. III.

Der Königl. Botanische Garten u. das Bot. Museum zu Berlin im Etatsjahr 1891/92.

Focke, W. O. Die Keimung von Kerria und die natürliche Gruppe der Kerrieae.

Fritsch, K. Berichte über die floristische Durchforschung von Oesterreich-Ungarn. Salzburg 4. S.-A. aus d. „Oesterr. bot. Zeitschrift" 1892 Nr. 3—5.

— — Nomenclatorische Bemerkungen. Ibid. Nr. 5 u. 6.

Guignard, L. Observertions sur l'appareil mucifère des Laminariacées. Extrait du Tome XV des „Annales des Sciences naturelles, Botanique."

Haag, F. Bemerkungen über die geognostischen Verhältnisse Rottweils und seiner nächsten Umgebung. S.-A. aus „Jahreshefte des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württ." 1892.

Haberlandt, G. Ein botanischer Garten in den Tropen. S.-A. aus Nr. 115 der „Wiener Zeitung" 1892.

Hauptfleisch, P. Die Fruchtentwickelung der Gattungen Chylocladia, Champia und Lomentaria. S.-A. aus „Flora oder Allgem. Bot. Zeitung" Jahrg. 1892. Heft 3.

Koch, L. Microtechnische Mittheilungen. 1. Ueber Einbettung, Einschluss und Färben pflanzlicher Objecte. S.-A. aus Pringsheim's Jahrbüchern für wissensch. Botanik. Bd. XXIV, Heft 1.

Moeller, H. Bemerkungen zu Frank's Mittheilung über den Dimorphismus der Wurzelknöllchen der Erbse. S.-A. aus Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft, Jahrg. 1892, Bd. X, Heft 5.

Mueller, F. v. Descriptions of new Australian plants, with occasional other annotations. Fortsetzung.

Müller, Fritz. Mischlinge von Ruellia formosa und silvaccola. Blumenau 1892.

Ochsenius, K. Die Bildung von Kohlenflötzen. S.-A. aus d. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellschaft, Jahrg. 1892.

— — Ueber Kohlenbildung S.-A. aus „Die Natur" 1892, Nr. 21, 22 u. 23.

Palladin, W. Aschengehalt der etiolirten Blätter. S.-A. aus d. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrgang 1892, Bd. X, Heft 3.

Raatz, W. Die Stabbildungen im secundären Holzkörper der Bäume u. die Initialentheorie. S.-A. aus Pringsheim's Jahrb. für wissensch. Botanik. Bd. XXIII, Heft 4.

Reinhardt, M. O. Das Wachsthum der Pilzhyphen. S.-A. aus Pringsheim's Jahrbüchern f. wissenschaftl. Botanik. Bd. XXIII, Heft 4.

Rothert, W. Ueber Sclerotium hydrophilum Sacc., einen sporenlosen Pilz. S.-A. aus der Bot. Zeitung 1892, Nr. 20—28.

Scherfel, A. Zur Kenntniss einiger Arten der Gattung Trichia. S.-A. aus den Berichten der Deutschen Bot. Gesellschaft. Jahrgang 1892, Bd. X, Heft 4.

Schwarz, Fr. Ueber den Einfluss des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwickelung von Pinus silvestris im ersten Jahre. S.-A. aus der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Jan. 1892. „Ueber eine Pilzepidemie an Pinus silvestris." Ibid. Juli 1892.

Schwendener, S., u. G. Krabbe. Untersuchungen über die Orientirungstorsionen der Blätter und Blüten. Aus den Abhandl. der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom Jahre 1892.

Smith, Erwin F. Additional evidence on the communicability of peach yellows and peach rosette. U. S. Department of Agriculture. Bulletin Nr. 1.

Treub, M. De beteekenis van tropische botanische tuinen. Batavia. G. Kolff & Co., 1892.

Urban, Ign. Blüten- und Fruchtbau der Loasaceen. S.-A. aus d. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft, Jahrg. 1892, Bd. X, Heft 5.

de Vries, H. Bijdragen tot de leer van den klemdraai. Overgedrukt uit Botanisch Jaarboek uitgegeven door het Kruidkundig genootschap Dodonaea te Gent. Vierde Jaargang, 1892.

Warburg, O. Ueber die nutzbaren Muskatnüsse. S.-A. aus d. Ber. der Pharmaceutischen Gesellschaft, 2. Juni 1892.

— — Ueber Ameisenpflanzen. S.-A. aus d. „Biol. Centralblatt," Bd. XII, Nr. 5.

— — Die Vegetationsverhältnisse von Neu-Guinea. S.-A. aus d. Verhandl. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1892, Nr. 2 u. 3.

— — Eine Reise nach den Bonin- und Volcano-Inseln. Ibid. Nr. 4 u. 5.

— — Bergpflanzen aus Kaiser Wilhelms-Land, gesammelt auf der Zöller'schen Expedition im Finisterregebirge v. F. Hellwig. S.-A. aus „Engler, Bot. Jahrbücher," Bd. XVI. 1. Heft.

Webber, H. J. Phenomena and development of fecundation. S.-A. aus „The American Naturalist." Vol. XXVI, 1892.

Wettstein, R. v. Beitrag zur Flora Albaniens. Bearbeitung der von J. Dörfler im Jahr 1890 im Gebiet des Sar-Dagh gesammelten Pflanzen. Bibliotheca Botanica, Heft 26. Verlag v. Theod. Fischer, Cassel.

Berichtigung.

Seite 396. Zeile 1 ist zu lesen: De Vries, nicht De Vrier.
„ 2 „ „ „ in der, nicht in des.
Seite 399. Zweiter Absatz ist zu lesen: Dass bei einigen Objecten doch Silberreduction stattfindet unter gewissen Verhältnissen etc.
Seite 409. Unten muss es heissen: 1:100000, nicht 1:1000.

Druck von Val. Höfling, München, Kapellenstr. 3,